# 技術革新と社会変革
## ―現場基点―

社会技術革新学会誌

第 2 巻　第 1 号　(2009 年 8 月)

目　次

巻頭言

社会技術革新学会に期待する……中島 幹　i

報文

メッキ液濾過におけるトラブル防止のための方策と基準……臼井 好文　1

熱媒加熱システムの変遷と今後の方向性……別所 信次　椿 善太郎　9

小規模木質バイオマス発電の実現による地球温暖化防止と持続的森林保全への試み……竹内 誠　19

知の市場の展開
―ボランティアを基礎とする新たな教育活動の試み―…窪田 葉子　山﨑 徹　中嶋 稚子　阿南 忠明　岸田 春美　大久保 明子　中村 幸一　山﨑 隆生　髙橋俊彦　増田 優　29

短報

家庭科教育と技術革新
―ブータンの GNH (Gross National Happiness) に学ぶこと―……都甲 由紀子　59

社会技術革新学会
＝現場基点学会＝

# 社会技術革新学会に期待する

製造業に身を置いて日々暮らしているが、企業活動を見てみると経営の視点だけでなく、営業、研究、生産の現場には様々な工夫がなされている。

2006 年 6 月に社会技術革新学会が発足して以来、通称の現場基点学会にふさわしい学術発表会や学会誌の発行が行われている。

ややもすると「学会」という呼称からこうした実社会の現場とは程遠いアカデミアの世界が想像されがちであるが、当学会は幅広く社会のあらゆる現場で行われている変革に着目し、そこに流れる工夫、知恵、創造を炙り出そうとの試みに挑戦している。

したがって、日頃人前で発表することに慣れていない現場で実務をこなしている担当者や、論文に纏めるという作業とは縁遠いが永年の経験を積み重ねた作業の熟練者にも、社会革新の担い手としての新たな舞台を提供している。

社会への影響を会社の歴史、技術の歴史を振り返ってみる視点での捉え方がある。

人類が食料の保存に必要とした乾燥の原理をもとに、時代の要請にこたえる中で多くの産業を支える機械が開発され、改良され進歩してきた例が前号に紹介されている。ここには永年にわたって技術開発に取り組んだ研究者や技術者、職人のたゆまぬ努力と総合力の結晶が企業の中で実を結び、技術の革新が社会の変革にかかわってきた事例が示されている。その他にも当学会の発表には、会社の沿革や技術の変遷を振り返りながら、技術が確立されてゆく過程で、あるいは革新に取り組む過程で、現場が社会の変革に大きくかかわっている貴重な役割を数多く見ることができる。

この間の相互の関係を明らかにすることにより、これからも絶えず変革を続けていくであろう社会に対して、現場の気持ちや技術、行動が果たす大きな役割に光を当てることができるならば、当学会のひとつの大きな意図はかなえられることになる。

会社や技術に限らず人間社会が作り出しているさまざまな現場には、それぞれの工夫がある。一つ一つは小さな発想かもしれないが、コロンブスの卵は至る所にある。ちょっとした思いつきも、しっかりと考え具体化する行動と努力をすることによって成果に結びつく。さもなくば単に担当者の胸のうちに隠れ埋もれたままになってしまうかもしれない。勇気を持って成果を発表することにより、議論を呼び、社会へ刺激を与え、より広く深い変革につながる提案になることもある。

しっかりと考えた新たな試みへの取り組みが成果を出し、社会を動かす提案になることもあって欲しい。

当学会では自主的な研究活動も徐々に始まってきている。多くの方が学会に参画し、思いと力を発揮して頂ける場として発展してゆくことを期待している。

2009 年 8 月 31 日

企画運営委員長　　中 島　　幹

# メッキ液濾過におけるトラブル防止のための方策と基準

## Standards for Plating Filtration Trouble Prevention

臼 井　好 文
Yushifumi USUI

**要　旨**：メッキ液の濾過がはじまって半世紀以上が経過し、その間に濾過装置や濾過技術は大きく進歩した。メッキ製品に高い品質、高い防錆性、高い機能性が求められるようになり、メッキ槽内のメッキ液の不純物濃度や粒子径の管理基準値はそれぞれ低濃度化、微粒子化した。そのため、メッキ液の濾過は液の品質および濾過精度を維持するために不可欠となり、昼夜連続濾過運転が行われるようになった。一方、濾過を行うことでさまざまなトラブルも発生する。本稿では、メッキ液濾過におけるトラブル発生防止のための濾過機運転管理基準を紹介する。

**Abstract**： The technology for filtration of plating solution started more than half a century ago, and since then has advanced greatly. The demands for the quality of plating products have been increased, such as high corrosion resistance, high functionality, more evenness, and made the control standards for the plating solution much more strict, in particular concentration and size of impurities.

To maintain these standards and filtration with high accuracy, continuous filtration has become necessary.

In this paper the review of the troubles in filtration and the study on the measures and standards for prevention of troubles are reported.

キーワード：濾過精度、濾過、粒子径、メッキ、トラブル

*Keywords*：Filter rating, Filtration, Particle diameter, Plating, Trouble

著者　臼井好文, ㈱三進製作所 技術本部分析課、484-0894 愛知県犬山市羽黒貴船浦 1-2　usui@sanshin-mfg.co.jp
2008.12.22 受付,　2009.5.21 受理
社会技術革新学会第 2 回学術総会（2008.10.17）にて発表

## 1. はじめに

メッキとは各種材料の表面にメッキ液中の金属を析出させることであり、その目的に応じて、装飾メッキ、防錆メッキ、工業メッキ、機能メッキの 4 種類[1]に分類される。

また、メッキ対象物も、当初は鉄や鋼、銅や銅合金であったが、最近では軽量化の要求に即してセラミック、プラスチック、アルミニウム・マグネシウム合金などにもメッキされるようになった。このメッキ対象物の変化に伴いメッキ工程はより複雑化し、使用される薬品の種類も多くなった。

濾過とは、液相および気相中に存在する固形物を、媒体を利用して分離させる単位操作である。この濾過は古くから手掛けられており、当初、“搾る”といった方法が用いられていたが、ポンプなどによる加圧力･減圧力･遠心力といった“圧力”を利用するようになった。使用濾材も、簡単な“素焼き筒”から、金属の網、各種の織布や不織布、最近ではポリエステル、ポリプロピレン、テフロンなどの素材を用いた膜、金属酸化物で作られたセラミックなどが用いられるようになった。この技術の進歩によりさまざまな濾過機が開発され、市場展開してきた。

メッキ液の濾過は日本では戦後の初めまでほとんど行われておらず、メッキ槽内には酸化物やゴミが多く含まれており、メッキ後の製品の光沢性を確保するためにバフ研磨作業が行われていた。

一方、海外ではこの時期すでに、品質のよいメッキ製品はバフ研磨作業なしでも光沢性が確保できる技術が普及していた。

そこで、この技術の導入と、メッキ液の品質維持のため濾過が必要と判断され、1951 年頃に光沢ニッケルメッキ槽に濾過機が導入された。これが日本での『メッキ液濾過』の始まりである。[2] その後は急速に発展し、現在はほとんどのメッキ液で濾過機が運転されるようになった。

メッキ液は多種多様の成分を含み、メッキ対象物の素材およびメッキの目的も異なるため、使用される濾過法、濾過機の大きさや種類、材質などもさまざまである。発生するトラブルも、その規模や発生する場所、要因も異なっている。

ここでは、メッキ液でも最も多く用いられている硫酸ニッケルメッキ液や硫酸銅メッキ液で起きた槽内トラブル（固形不純物の漏れによる製品不良の発生）について、その問題点の洗い出しを行い、濾過機運転管理のために標準化した事例について紹介する。

## 2. メッキ液濾過

### 2.1 メッキ液の管理と濾過の必要性

メッキ液には、主成分の金属以外にメッキのつきまわりや光沢性などをよくするために添加剤が加えられている。メッキ作業を繰り返すと、これら薬品濃度が低下するとともに、槽内での化学反応による添加剤の分解も起きる。

これら不純物の蓄積はメッキ液を汚染し、**図 1**[3]に示すようにメッキ表面にザラつきを発生させ、また密着性の低下、ピンホールの発生、異常析出、光沢不良、脆さの増加、電流効率の低下などのさまざまな問題を引き起こし、製品不良の原因となる。槽内で発生する不純物の一例を**表 1** に示す。[4]

**図 1** Cu-Ni-Cr メッキのザラつき写真

**表 1** メッキ槽に蓄積する不純物例

| |
|---|
| 可溶性陽極からの不純物・スライム |
| 化学分解により変化した物質 |
| メッキ作業中の落下物からの溶出物 |
| 補給薬品からの不純物 |
| 補給用水の不純物 |
| メッキ槽材料の腐食物 |
| 室内のほこりや他工程からのミスト |
| 周辺機械類からの汚染物質 |

こうした弊害を引き起こす不純物を除去し、槽内の不純物、とりわけ固形物はザラつきやピットなどの製品不良の原因となるため、その濃度を基準値以下に管理することは、メッキ品質の維持に不可欠である。これら固形物を濾過して管理基準値を確保するためには、適切な循環量(濾過量)、濾過精度、濾過法の選択が必要になる。また濾過機を運転することにより、メッキ槽内が撹拌・混合されるためメッキ液成分や温度の均一化も期待でき、局部的な変化によるメッキ不良の防止にも役立っている。

## 2.2 濾過法

メッキ液の濾過にはカートリッジ濾材濾過法が最も多く用いられており、市販のメッキ用濾過機の約 85%に達している。[5] このほかに、織布を用いた濾布濾過タイプ、濾過助剤を濾布面にプリコートしてから行うプリコート濾過タイプなどがある。

カートリッジ濾材には、糸巻き式・メルトブロー式・メンブラン濾紙の 3 種類があり、要求精度により使い分けるが、価格面から糸巻き式のカートリッジの 5-30μm 濾材の使用が多い。

カートリッジ濾材の特徴は、取扱性がよい、価格が安いという利点のある一方で、使い捨てタイプであるため廃棄物量が多く、最近の環境調和型濾過の観点からは問題がある。また濾過圧力が上昇したり濾過時間が長くなると、捕捉していた不純物が洩れ出し、安定しないといった問題もあるが、これらを解決した濾過法や濾材の提案もされている。[6]

プリコート濾過法は環境にやさしい、環境汚染のもととなる物質の廃棄が少ないなど将来の環境負荷の削減という利点があるが、濾過開始前にプリコート層を形成させる必要がある、プリコート剤として粉体を取り扱う、運転立上げ作業に手間が掛かる、プリコート剤が漏れる恐れがある、などの問題がある。

**図 2** は、1μm の糸巻きカートリッジ濾材濾過(4 社製品)、メルトブローカートリッジ濾材濾過、プリコート濾過について、濾液中の 3μm 以上の固形物粒子数を濾過時間経過により比較したデータであり、各メーカーにより性能にかなりの開きがあることがわかる。安定した濾液精度を維持できるのはプリコート濾過法とメルトブロー濾材濾過法である。

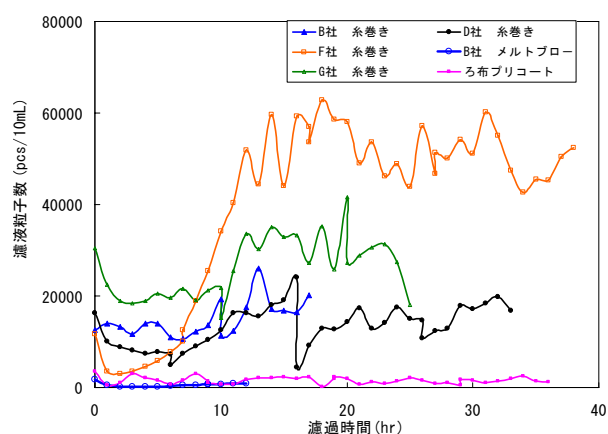



**図 2**　濾過時間によるカートリッジ濾材の性能比較

## 2.3 要求精度

メッキ液管理に濾過機が導入された当初は槽内の固形物除去と光沢性の維持を目的としていたため、基準濃度設定はされていなかったが、その後、基準値を設定するようになり、さらに JIS 規格試験による評価設定もなされた。

1960 年中頃に実施されたメッキ表面のザラつきの調査によれば、ザラつきが検出されない条件とは、ニッケルメッキ液中の固形不純物濃度が 10mg/L 以下というものであり、ピンホール・光沢度評価では固形物濃度を 40mg/L 以下にすることが望ましいと言われていた。[7]

最近では、メッキに要求される品質や機能が向上したため、槽内固形物濃度の基準値は 1mg/L 以下まで低下したが、さらに高品質・高機能仕様のメッキ製品が要求される工程では、以下のように、固形物濃度ではなく、より厳しい固形物粒子径個数基準を設定している。

- 粒子径 5μm 以上の固形物個数を 100 個/L 以下に抑える。
- 粒子径 50μm 以上の固形物個数については 0 個/L に管理する。

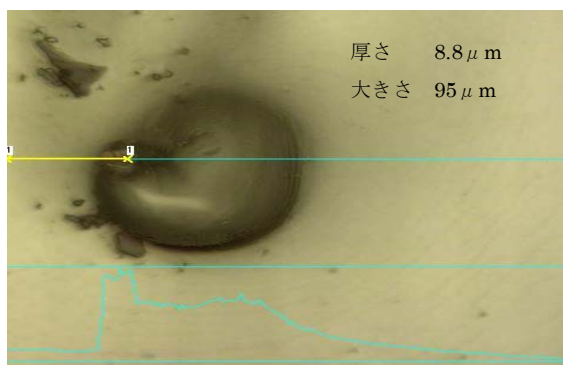



**図 3**　メッキ製品のザラつき面の写真

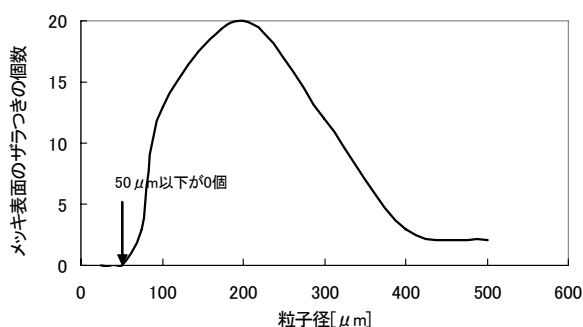



**図 4**　メッキ表面のザラつきの個数とその粒子径

このような高品質メッキ製品用メッキ装置では濾過機に微細粒子の除去が要求されるわけであるが、濾過基準値はメッキ製品製造メーカーによりそれぞれ異なった設定がなされている。そこで粒子径とざらつき発生の問題について独自に調査を行うこととした。まず、ざらつき不良となったメッキ製品のザラつき面を顕微鏡で観察し、粒径0-500μmの範囲のザラつきについて大きさ(粒径)と高さ(厚さ)、個数を計測した。この時の顕微鏡写真の一例を**図 3** に示す。この計測結果をザラつきの粒子径とザラつきの発生個数の分布として**図 4** に示す。[8)]

この図から、粒子径が 50μm 以下のザラつきは観察されず、また 500μm 以上でも観察個数は極めて少ないということがわかる。この調査結果に基づき、メッキ液内の粒子径 50μm 以上の固形物の個数を 1L 当たり 0 個とする管理基準値を設定した。

### 2.4　濾過機の設置

メッキ液の漏れに起因するトラブルへの対応と

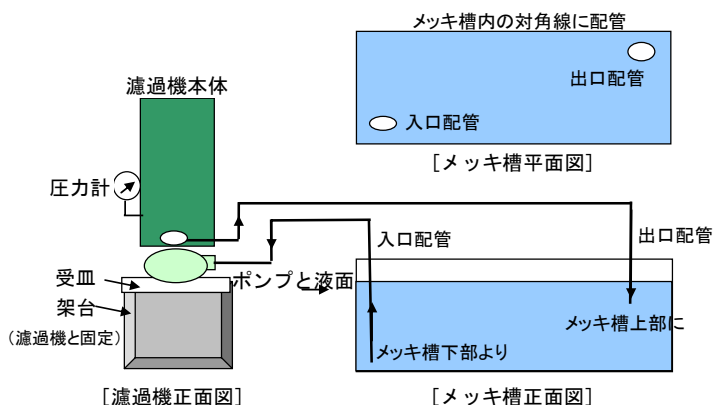



**図 5**　メッキ槽での入口と出口配管の位置

メッキ槽内の固形物除去を効果的にするために考案された濾過機の設置と配管についての注意点として、次のような点があげられる。

1. メッキ作業の妨げにならない場所に濾過機を設置する。
2. 保守・点検作業がしやすい広さを確保する。
3. 濾過機のポンプをメッキ槽の液面より高くして、配管やポンプからの液漏れを防ぐ。
4. 濾過機とメッキ槽との配管はできるだけ短くして、配管の破損による漏れを少なくする。
5. 高価な液や有害なメッキ液の濾過に使用する場合、濾過機の下に受け皿を設置する。
6. メッキ槽への入口と出口配管は槽内の対角線状に配置し、さらに、入口配管は槽内の低い位置に、出口配管は高い位置に設置する。
7. 濾過機をアンカーボルトなどで固定させ、振動による影響をなくす。
8. 配管材料は温度や腐食により破損しない材料で施工する。

**図 5** は、濾過機とメッキ槽の位置関係を示した模式図[9)]である。

## 3.　メッキ液濾過のトラブル

### 3.1　発生の要因

メッキ品質の維持と高い品質要求に対応するために、メッキ液濾過は昼夜・休日連続で行われている。この濾過機運転に起因するトラブルの要因と発生場所を**表 2** に示す。[9)] 問題の大きさはトラブルの発生する場所や種類によって異なる。

表 2　濾過に関連するトラブル発生要因と場所

| 要因 | 場所 |
|---|---|
| パッキンなどのシール材の劣化、磨耗による影響 | メッキ槽内 外 |
| 配管ミスや溶着ミスによる洩れ | 槽 外 |
| ボルトなどの緩みによる漏れ | 槽内外 |
| 配管破損による影響 | 槽 外 |
| 濾材の固定方法のミスによる漏れ | 槽 内 |
| 濾布の装着ミスによる漏れ | 槽 内 |
| 濾布損傷による漏れ | 槽 内 |
| 圧力上昇による捕捉物の離脱による漏れ | 槽 内 |
| 作業量の増加による不純物発生量の急激な増加 | 槽 内 |
| 配管バルブなどの目詰まりによる濾過量の低下 | 槽 内 |
| 濾布目詰まりによる濾過量の低下 | 槽 内 |
| 結晶物析出による破損など | 槽 外 |
| 不連続運転による圧力・流速変動による漏れ | 槽 内 |

### 3.2　トラブルの事例と対策

表 2 に示すように、トラブルはメッキ槽の内外で発生している。

メッキ槽外部で発生するトラブルはその規模や排出されるメッキ成分により被害状況は異なるが、作業環境の劣化による人への影響、有害物質の系外への排出による汚染、高価なメッキ液の流出による経済的損失などの問題を引き起こす。また排出液の処理やメッキ液の再調整、メッキ作業の再確認などにかなりの時間と労力が必要になる。

メッキ槽内部で発生するトラブルは、メッキ液成分のバランスが悪くなりメッキ製品に各種不良が発生した段階でトラブルと判明する。濾過機に起因するトラブルのほかに、メッキ薬品や方法に起因するものなどさまざまで、時としてはメッキ液の更新、液成分の再調整などの作業が行われる。また不良メッキ製品は廃棄処分されることとなり、経済的損失が発生する。

ここでは、メッキ槽内で発生するトラブルのうち濾過機に起因する事例と対策を紹介する。

トラブル 1：シール不良やボルト締めのミスなどにより槽内に固形物が漏れるケース

濾過機内部にある原液と濾液を分離する中間板の取付けボルトとパッキンの不具合によって、原液が濾液側に漏れ出し、濾液精度が悪くなる場合がある。取付け時のパッキンの変形、取付けボルトの締め具合、締め付けミス、ボルトやパッキン材料などへの配慮が必要である。また装置製作時の作業をマニュアル化することが不可欠である。

この他、濾材交換作業時に起き易いシール不良によるトラブルでは、原因として濾材を押さえるパッキンの装着ミス、濾材を締め付ける金具の設置ミスなどが考えられ、濾材取付けのための作業マニュアルの標準化が必要である。

また、カートリッジ濾材では濾材押さえ金具によるトラブルも起き易い。この場合は、濾材の押さえ面積を多くする、押さえ方法を変更する、均一な締め付けができる方法にする、濾材を装着する中心パイプと濾材の隙間をなくしガタツキを防止するなどの対策を行うことで、濾材シール部分からの固形物の漏れを抑えることができる。

トラブル 2：濾布の損傷により固形物が漏れるケース。

濾過運転と逆洗を繰り返し行うと、濾布同士の“擦れ”による濾布の破れや、裏面からの加圧逆洗による濾布の破裂などが起きる。濾布の破損状況により漏れの度合いは異なるが、濾液精度を基準値以下に確保することが難しくなる。しかし作業マニュアルに従って槽内固形物管理や濃度測定を行うことで早い段階での漏れの確認が可能になる。また濾布・濾材は消耗品と考え、使用期間を標準化して、破損前に交換することも必要である。

トラブル 3：固形物量の増加や外部環境の影響によるケース。

仕事量(メッキ作業量)の増加やメッキ製品の変更などにより固形物の発生量が増加する、あるいは外部環境の劣化による固形物持込み量の増加や設定時間を超えた長時間運転などが原因となって濾過圧力が上昇することがある。濾過圧力は濾過機缶体に設置されている圧力計や圧力センサーで監視しているが、濾材面に固形物が捕捉されるに従って上昇する。

濾過圧力が上昇したときの濾液中の粒子径 3μ

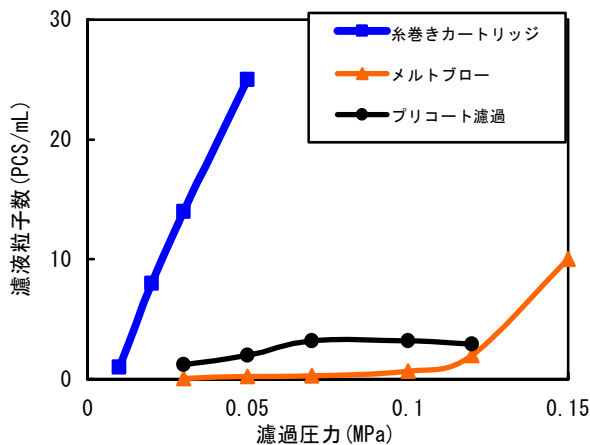



図 6　濾過圧力上昇による濾液粒子数の変化

m 以上の粒子数の変化を、1μm 糸巻きカートリッジ濾材およびメルトブロー濾材とプリコート濾過の 3 種類についてそれぞれ**図 6** に示す。[10] この図から濾過圧力が上昇すると、糸巻きカートリッジ濾材では捕捉した固形物の一部が濾液側に洩れだすことが判る。

一方、メルトブロー濾材やプリコート濾過では比較的安定した濾液精度が確保できているといえる。しかし濾過圧力 P が 0.1MPa を超えると捕捉した固形物の離脱･漏れが観察されることから、濾過圧力が上昇する前の段階で濾材交換を行うべきである。一般にメルトブロー濾材やプリコート濾過での濾過濾材交換の時期は、濾過圧力 P＝0.1MPa 以下とされているが､濾過圧力に関係なく、濾過時間から交換時期が設定されている例もある。

また、急激な流速変化や圧力変動で捕捉固形物が漏れることも判っており、十分な運転管理が要求される。

### 3.3　メッキ液濾過におけるトラブル防止策のまとめ

高品質･高機能仕様のメッキ製品を製造する工程では、メッキ液の不純物個数基準値を管理・維持するためには、槽内で発生する濾過機に起因するトラブルをなくすだけでなく、濾過機の適正管理、濾液精度の適切な測定方法、および周辺からの汚染物の飛散混入の抑止に留意する必要がある。

そこでまず、濾液機の構造に起因する問題点について調査、検討した結果、つぎのような内部構造・製作法・濾材・濾過法の改良を行い、装置基準とした。

(1) 濾過機内部でのボルトの締め付けトルクやパッキンなどの組み付け作業をマニュアル化した。

(2) カートリッジ濾材のシール構造では､端面シールを「線」から「面」に替えることでのシール面積を多くし､さらに上下部に抑え用パッキンを設置する､カートリッジ装着用の中心棒を太くし、濾材のずれやガタツキをなくす、などの変更を行った。

(3) 濾過初期からの安定した高い濾液精度が確保でき、濾過圧力の上昇や濾過時間延長による濾液精度の変動などが起きにくい濾材を選定した。公称孔径 1μm メルトブローカートリッジ濾材を標準とした。

また濾過機を運転・管理する面では次のような標準化を行った。

(1) 濾過圧力 P=0.1MPa 以上まで濾過運転を行わない。

(2) 最終濾過圧力または濾過時間を各メッキ液で設定した。

(3) メッキ槽内固形物濃度を常時安定させ維持するために昼夜･休日連続運転とする。

(4) 流速変化や断続運転などによる圧力変動を起こさない。

(5) 緊急停止した場合､必ず新しい濾材に交換して､再スタートする。

濾液精度の測定と精度管理･評価の面からは､

(1) 濾液のサンプル容器やサンプリング方法､測定手順、分析法を決めた。

(2) ブランク液など､基準分析のための評価法を決めた。

(3) 測定の個人差をなくすため､目で見える表示法を採用した。

こうした一連の濾過機対策を行うことで、対策前に比べ 50μm 以上の粒子が漏れる率が減少し、メッキ液濾過に起因するトラブルの大幅な削減が可能になった。

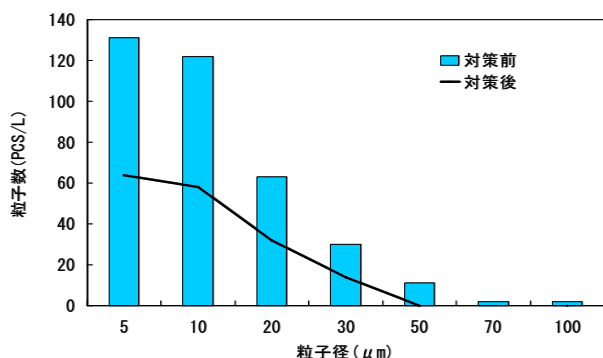



**図 7**　濾過機対策後の濾液中の固形物粒子数

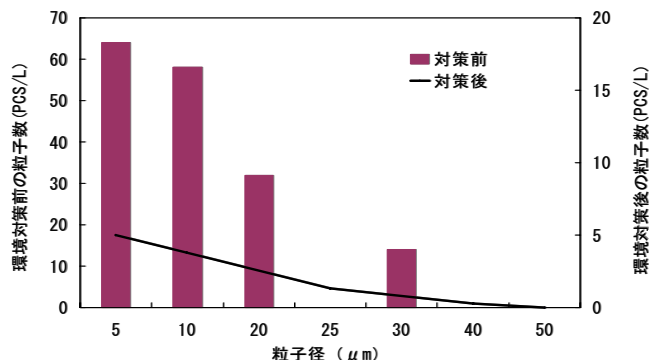



**図 8**　環境整備前後の濾液中の固形物粒子数

一例として、光沢ニッケルメッキ液濾過時の濾液固形物粒子数を、対策前と比較して**図 7** に示す。この固形物粒子数の測定は、メッキ槽濾過機の濾液サンプリング口より一定の設定条件でサンプリングを行い、その濾液について 5μm 以上の粒子個数をパーティクルカウンター(リオン株式会社製 KL-11A,光遮断式粒子検出器 KS-65）で計測し、グラフ化させる方法で行った。またブランク水はイオン交換水を精密濾過した濾液を使用した。

更に、メッキ製品製造メーカー側での工程周辺や外部機器からの汚染物質の飛散混入対策として、

(1) 工程全体をパーティションで囲い込みをした。

(2) 汚染の飛散が考えられる装置をパーティションの外に移動させた。

(3) 前処理工程からの固形物の持ち込みを防止するための環境整備を行った。

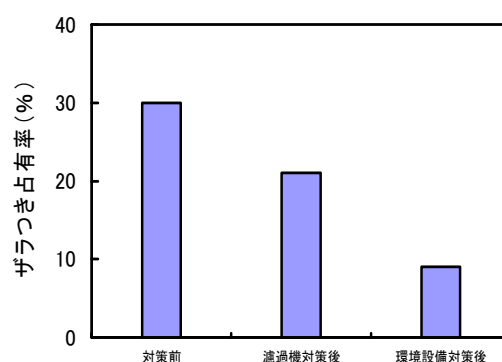
などが行われ、さらなる成果が得られた。

この環境整備により達成できた固形物粒子数の削減状況を、対策の前後を対比して**図 8** に示した。他のメッキ液でも同様に、濾過機出口の固形物粒子数の低下が確認できた。

これらのトラブル対策により、当初の製品不良のザラつき占有率は 30%と高い比率であったが、数%程度まで大きく減少した。ザラつき占有率の変化を**図 9** に示した。

**図 9**　製品不良のザラつき占有率変化

## 4.　おわりに

メッキの高度化、多様化に伴い、メッキ液の管理基準は厳しくなってきた。その中でも高品質のメッキ製品では、ザラつきなどの製品不良の原因となる固形物の管理基準が濃度表示から個数表示になった。この固形物管理基準を維持するためには、メッキ液の濾過は重要な手段の一つである。

一方、メッキ液を濾過することでさまざまなトラブルも発生する。そこで、トラブルの発生する場所や原因を追求・分析して、メッキ液濾過でのトラブルを防止する基準として、装置製作における作業マニュアルの整備と装置運転における指針を示し、メッキ品質の向上に効果を上げた。

装置運転における指針として、次のような設定を行った。

・濾過循環量と攪拌効果を高める濾過機の選定

・構造や製造方法がマニュアル化された高性能仕様の濾材の使用

・昼夜・休日連続濾過運転

・濾過機の連続運転によるパッキン、バルブ、接合箇所、濾材、濾布などの消耗や磨耗による損傷を防止するための濾過機の日常的点検およびメンテナンスの管理基準の設定

・長期間の連続運転による濾液精度の低下を防ぐための適正な濾過運転管理基準の選定
・槽内固形物濃度の測定法を標準化し、測定者の個人差をなくす教育と指導。
・メッキ工程と周辺設備を分離する環境整備の徹底。

このように濾材の管理や運転基準を明確にし、徹底することでザラつき不良の発生件数を大幅に削減することができた。

今後さらなる不良率の削減を行うには、メッキ槽内の固形物管理基準値の低減、より高性能の濾過法の採用や高い循環量の設定、メッキ成分の監視や周辺環境整備の一層の強化などが必要になる。同時に、使用済カートリッジ濾材の廃棄による環境問題への配慮も必要になる。

これらの考えに即し、我々は低価格でトラブル発生の少ない高性能のメルトブロー濾材の適用を推し進めるとともに、使い捨て濾材に代わって繰返し使用が可能になる濾材やプリコート濾過法の優位性についてアピールしていく考えである。

引用および参考文献

1) 全国鍍金工業組合連合会編；電気めっきガイド(2006)
2) 柳下幸一；さらなる創造への挑戦（三進製作所・創業 60 年史),p .54（2008）
3) 兼松弘，鈴木健生；めっき欠陥の顕微鏡写真第 2 集，写真-C9, 21 世紀社（1980）
4) 柳下相三郎；ロ過の理論とメッキ用ロ過機の特性，表面技術協会表面処理実務シリーズ No.1「メッキ設備」金属表面技術協会（1961）
5) ㈱三進製作所 開発室調査 2006 年より
6) 柳下幸一，福田正，深川広道；化学工学の進歩 39 粒子・流体系フロンティア分離技術，pp.113-118，槙書店（2005）
7) 柳下相三郎；″最近の濾過技術”，pp.83-87，第 7 回研究談話会，化学工学協会東海支部（1963）
8) ㈱三進製作所 2006 年開発室調査より
9) ㈱三進製作所 精密濾過機取扱説明書より
10) 臼井好文；“めっき浴の調整と管理技術”,インテリジェントめっき技術中核人材育成事業講演会，福岡県工業技術センター（2006 年 11 月 24 日）

技術革新と社会変革, 第 2 巻, 第 1 号, pp.9-17, 2009　報　文

# 熱媒加熱システムの変遷と今後の方向性

The changes and future of hot oil heating system

別 所　信 次　　　椿　善 太 郎
Shinji BESSHO　　Yoshitaro TSUBAKI

要　旨 : 熱媒加熱システムは、一般的にはそれほど馴染みのない分野ではあるが、これまでの化学業界ではユーティリティの一つとして欠かすことのできない重要な役割を果たしてきており、化学業界と共に発展してきた。本稿では熱媒加熱システムの概要を紹介した上で熱媒および熱媒ボイラーが社会からの多様化・高性能化などのニーズに応えるべくどのような変遷を辿ったのかを検証し、今後の方向性について考察を加える。

Abstract : “Hot oil heating system” is a specialized technical field and it is not widely known in public. However, the system has played significant roles in the chemical industry as an essential utility, and has been improved with the industry’s development.
This article describes outline of the system and studies how the hot oil and the system have changed to meet with public needs of diversity and hi-performance, and then the future of the system will be discussed.

キーワード : 熱媒　熱媒ボイラー
*Keywords* : hot oil,　hot oil heater

著者　別所信次,　綜研テクニックス㈱熱媒システム部,　171-8531 東京都豊島区高田 3-29-5　bessho@soken-tecnix.co.jp
椿善太郎,　綜研テクニックス㈱営業統括部,　171-8531 東京都豊島区高田 3-29-5　tsubaki@soken-tecnix.co.jp
2009.1.19 受付,　2009.5.21 受理
社会技術革新学会第 2 回学術総会(2008.10.17)にて発表

## 1. はじめに

化学業界においては、反応缶や蒸留塔などの内容物を加熱する方式として、火炎や燃焼ガスによって加熱する直接加熱方式(直火方式)と、温水やスチームを用いた間接加熱方式がある。温水･スチームは昔からごく一般的に用いられており、伝熱に関する諸物性からみると最良の伝熱媒体である。ところが、例えば 200℃の温度を得ようとすると 1.5MPa(G)もの高い圧力となり設備費負担も大きくなるなどの問題がある。このため、内容物を 200℃以上に加熱する場合には直接加熱方式が採用されてきた。しかしながらこの方式は、温度制御が難しいという欠点と、被加熱物の近くで直火を扱うために爆発･火災などの危険性があった。そこで考案されたのが、温水やスチームの代わりに沸点の高い合成油等を伝熱媒体としてボイラーで蒸発させ、その蒸気の潜熱で加熱する方法である。伝熱媒体に用いる合成油等は「熱媒体油」あるいは単に「熱媒」と呼ばれ、一般的には、180～200℃を境に熱媒による加熱方式のほうがスチーム加熱に比べて設備面･運転面で有利である。

次章からはこれらが時代の変化やユーザーのニーズに合わせてどのような発展を遂げてきたのかを、熱媒及び熱媒ボイラーの国内の草分け的存在である企業がこれらの開発を並行して行ってきた例を検証しながら、今後の方向性を考えてみたい。

## 2. 熱媒及び熱媒ボイラーの変遷

### 2.1 草創期 1926 年～1945 年(戦前・戦時中)

熱媒の利用は1926年頃、米国で苛性ソーダを濃縮する際、ビフェニルが使用されたのが工業的には最初といわれており、1932年にビフェニルとビフェニルエーテルの混合品が初めて商品化された。熱媒を使用するためには熱媒を加熱するボイラーが必要である。その熱媒ボイラーは1930年ごろ海外でスチームボイラーから派生して誕生したが、熱媒の劣化を極力少なくするために伝熱管境膜温度が適切な値になるように設計する必要があり、スチームボイラーとは異なる変遷を遂げることとなった。

戦前の日本の化学業界は化学肥料、ソーダ製品、無機薬品、染料などを中心に発展してきた。この時期の加熱方法は、180～200℃を境としてそれぞれスチーム加熱方式と直火方式が使い分けられていた。戦時中、陸軍燃料技術研究所において、塩化ビフェニルの液相循環法やビフェニル蒸気を用いる加熱炉の化学工学的研究が行われたのがわが国における熱媒の研究開発のはしりであった。[1)]

### 2.2 国産化 1946 年～1954 年（戦後復興期）

戦後ナイロンやポリエステルの製造技術などが欧米から導入され始め、これに伴い直火方式に代わり熱媒を使用する設備が増え、熱媒の利用技術が注目されるようになった。[2)]

輸入品であるビフェニルとビフェニルエーテルを成分とした熱媒は、その構造は単純ながら高い耐熱性を持ち、現在においても優れた熱媒のひとつにあげられている。ところがこの熱媒は凝固点が 12℃であり、冬季における凝固や独特の不快臭等の欠点があった。また、戦後の日本では高価なため入手が困難でもあった。これらを解消すべく中島敏らが戦時中の陸軍燃料技術研究所での経験から高温タールからの製造方法を確立し、1952 年には特許出願し国産初の熱媒が製造販売された。この熱媒はジメチルナフタリンを主成分としており凝固点が-10℃以下で、臭気が少なく、輸入品より安価であったため、急速に市場を広げた。その結果戦後における化学業界復興の一翼を担うとともに、外貨節約にも寄与した。この功績により、1958 年に大河内記念技術賞、特許庁長官発明賞が中島敏に贈られた。

中島らは熱媒の研究開始と同時に熱媒加熱装置の開発にも努めていた。**図 1a** は 1952 年に設計･製造された国産初の熱媒ボイラーであり、医薬品を真空下で蒸留する装置の熱源として使われた。燃焼室は胴の外に設置されており、燃焼排ガスを煙管内に流しその熱で周囲の熱媒を加熱蒸発させる構造で、煙管型と呼ばれている。竪型では煙管の上部が熱媒の気相部にさらされて熱媒の劣化を促進させる懸念があったため、その後は**図 1b** に示すように横型で使用されるようになった。なお 1954 年に設置された横型煙管型の熱媒ボイラー１号機は、国産技術によ

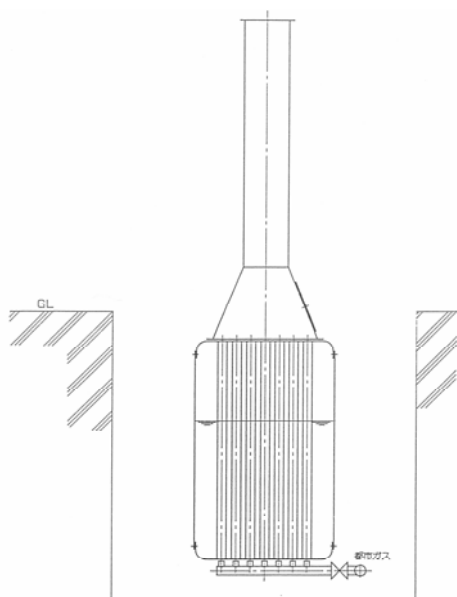



**図1a**　煙管型熱媒ボイラー（竪型）[3]

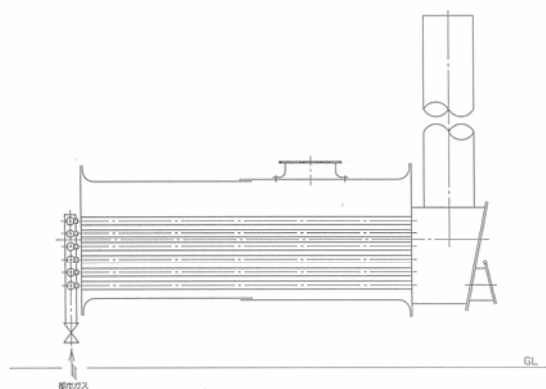



**図1b**　煙管型熱媒ボイラー（横型）[3]

る初の合成樹脂（モーターコイル用絶縁ワニス）製造設備の熱源として使用された。

### 2.3　多様化　1955 年～1973 年（高度成長期）

日本の化学業界では、主に欧米で発展をみせていた合成樹脂･合成繊維･合成ゴムなど石油化学製品の技術導入が更に拡大し、1960 年代には大型設備が次々と建設された。熱媒は元来高温領域でのスチーム代替としての存在であったため、その使用方法もスチームと同様に気相使用であった。この方法は、潜熱を利用して被加熱側に熱を与えるため、均一の温度で加熱できる利点はあるが、凝縮液を戻すためのレイアウト上の制約や、運転前に系内を真空にするなどの操作上の煩雑さもあった。そこで、熱媒を液相の状態で循環させる液相加熱方式が考案された。本方式は気相加熱方式に比べてシステムや運転操作がシンプルであり、設備費が安価で、放散熱量が少ないなどのメリットがある。

液相加熱方式の需要に合わせて沸点の高い、耐熱性に優れた熱媒の開発も行われた。化学プラントの多様化に伴いより熱安定性の高い熱媒、液相専用の熱媒、無機系の熱媒など様々なニーズに対応した熱媒が開発された。1961 年にはビフェニルとビフェニルエーテルを成分とした熱媒が国産化され、1964 年には液相専用、高耐熱性、高沸点であるジベンジルトルエンを主成分とする熱媒が西ドイツより輸入され始めた。これを主成分とする熱媒はその高い性能から現在でも多く使用されている。

一方、熱媒ボイラーでは、煙管型は燃焼室が別置きになっているために放射伝熱が利用できず、熱効率が低いという欠点があった。これを改善したのが**図 2** に示す炉筒煙管型の熱媒ボイラーである。同型式のスチームボイラーと主要構造は同じであり、先の煙管型ボイラーの胴の中に炉筒として燃焼室を組み込んだものである。国産では 1955 年に 1 号機が設置された。更にこの年、「石油化学工業の育成対策」が通産省省議決定されたことを受け、大手化学各社が石油化学工業に積極的に進出し、熱媒ボイラーの市場も一段と広がった。

煙管型、炉筒煙管型は熱媒を気相で使用するものであったが、先に述べたように液相使用のニーズの高まりと共に、液相用のボイラーが求められるようになった。**図 3a** は液相循環方式を採用した初期のころの熱媒ボイラーである。原型は原油の連続蒸留などに使われるパイプスチルと呼ばれる管式加熱炉の中のイソフロー型である。当初は放射伝熱室のみの構造で、熱効率も 40～45%位であった。その後、**図 3b** に示すように熱効率を上げるため放射部の上部に対流部を設置して熱効率の向上を図り、現在でも使用されている型式の熱媒ボイラーが誕生した。しかしこのタイプのボイラーは熱媒の劣化を抑制するため伝熱面積に相当の余裕を持たせた設計になっており、現場での組立作業のための費用と時間がかかるなど、現在では大出力の熱媒ボイラーにしか採

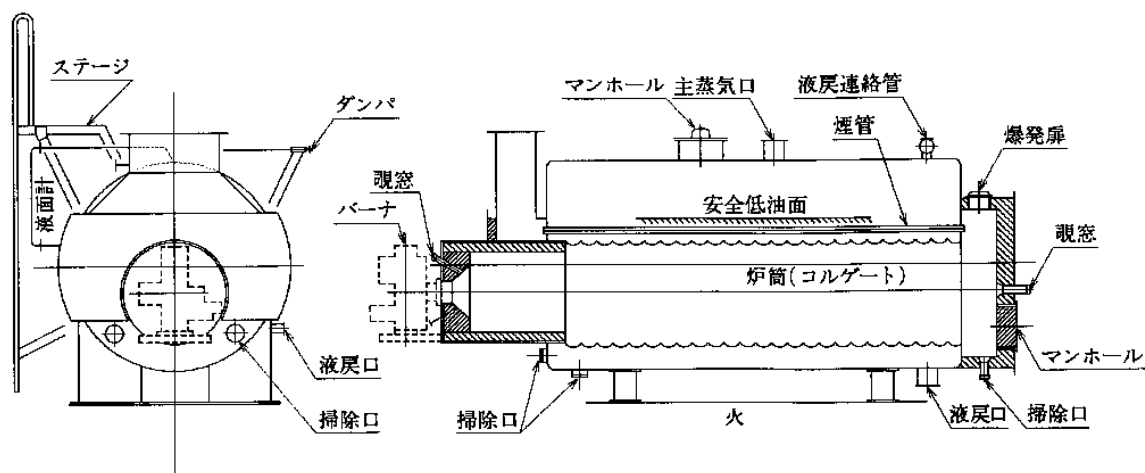



**図 2**　炉筒煙管型熱媒ボイラー[1)]

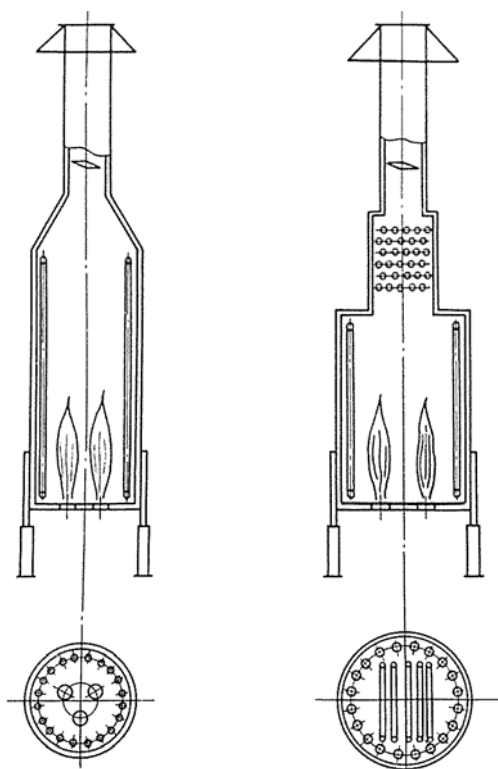



**図 3a**　放射伝熱室のみのイソフロー型ボイラー[1)]

**図 3b**　対流伝熱室を加えたイソフロー型ボイラー[1)]

**図 4**　パッケージ型熱媒ボイラー[4)]

用されていない。

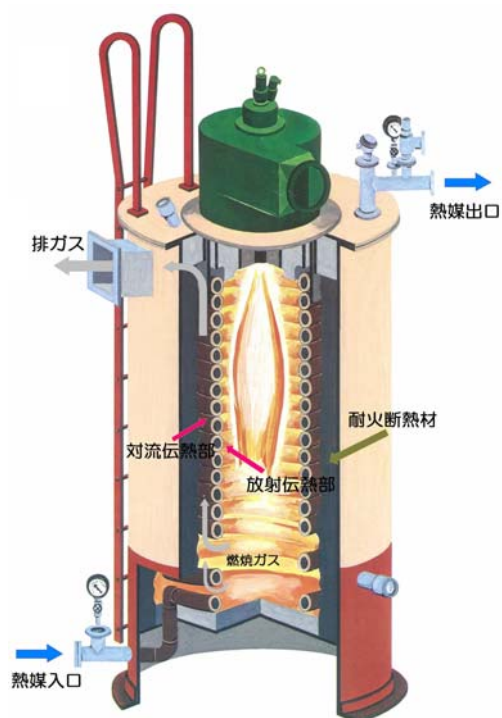
熱媒ボイラー使用の裾野が広がり、様々な分野・用途に使われるようになると、従来よりもコンパクトな熱媒ボイラーのニーズが生じてきた。1965 年までには海外で種々のパッケージ型熱媒ボイラーが開発されており、国内においても一部のスチームボイラーメーカーが欧米のメーカーから技術導入してパッケージ型熱媒ボイラーを販売していたが、1966 年には初の国産技術によるパッケージ型熱媒ボイラーが開発され、販売が開始された。

パッケージ型熱媒ボイラーは**図 4** に示すように、すべての加熱管がコイル状に巻かれ、加熱管と加熱管の間は密着しており燃焼ガスが漏れない構造になっている。バーナーは炉体上部に設置され、加熱管で囲まれた燃焼室内で燃焼を行い、放射伝熱により熱を与える。燃焼排ガスはコイルの外側をぬけ、その間に対流伝熱により熱を与え煙突に導かれる。前述のイソフロー型熱媒ボイラーは、放射部と対流部

**表１　代表的熱媒の使用分類**

| 系統別分類 | 成分例 | 使用温度域 | 使用形態 |
|---|---|---|---|
| 鉱油系 | 直鎖パラフィン | 260℃以下 | 液相 |
| 合成系 | ビフェニルとビフェニルエーテルの混合物 | 370℃以下 | 液相又は気相 |
| | ジベンジルトルエン | 340℃以下 | 液相 |
| | モノエチルビフェニル | 350℃以下 | 液相又は気相 |
| 無機系 | 亜硝酸ソーダ、硝酸ソーダ、硝酸カリの混合物 | 370～500℃ | 液相 |

が独立構造になっていたがパッケージ型熱媒ボイラーでは、放射部と対流部がひとつのゾーンにまとめられている。これにより革新的コンパクト化が実現し、製作･設置工事費用が大幅に低減された。

この時期 1968 年にカネミ油症事件が発生した。これは食品である米糠油の脱臭工程で熱媒として使用されていた PCB が米糠油の中に混入し、中毒症状を引き起こしたものであり、我国では 1972 年に製造も使用も禁止された。この事件により化学物質に対する安全性の意識が向上し、1973 年に化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（以下化審法）が制定されるきっかけとなった。

### 2.4　高性能化　1974年～1990年（石油危機～回復期）

第一次及び第二次石油危機を契機に高度成長期が終結し、原油は高価格時代に突入し化学業界は構造不況に陥った。化学業界の成長の中心は素材型化学品から加工型化学品・ファインケミカル品に移行すると共に、素材型の化学製品である合成樹脂などはニーズの多様化に対応した高度化が求められ、自動車や家電などで使用されるポリカーボネートやポリエチレンテレフタレートといったエンジニアリングプラスチックスが次々と開発された。それらプラスチックスの製造プロセスで必要な熱媒も更なる高耐熱性が求められ、ジベンジルトルエンを主成分とする熱媒が国産化されたほか、モノエチルビフェニルを主成分とする熱媒が上市されるなど熱媒の開発にも拍車がかかった。

1983 年後半からの景気回復と並行して逆オイルショックといわれた原油･ナフサ価格の低下、設備稼働率の上昇という好循環期に入り、熱媒の需要も高まった。

熱媒ボイラーでも設計の見直し・改良の積み重ねにより更に小型化が図られた。熱効率も 80～83%まで向上した。パッケージ型の特長は完成品として陸送できることであり、それまでの輸送限界は 2,300kW 出力であったものが小型化により 7,000kW 出力のボイラーまで陸送可能となり、化学業界の発展にも大きく貢献した。

### 2.5　環境対応　1991年～2008年（バブル崩壊～原油急騰）

その後 1991 年にバブルが崩壊し後遺症は 10 年にも及んだ。化学業界では事業統合等により設備の選択と集中が進み、効率化が一段と推進された。1999 年頃より再び原油価格の上昇が始まり 2008 年にはピークに達したが、化学業界は高い生産水準を維持し熱媒を使用する大型設備の新設数も 2007 年､2008 年と相次ぎ増加し、熱媒の需要も更に高まった。現在では**表１**に一例を示す通り、温度領域・使用形態に合わせて多種の熱媒が使用されている。

一方この時期には地球環境保護に対する意識も高まり、欧州を中心に化学物質の安全性の調査や見直しが進む中､先に述べた化審法が 2003 年に改正された。人への影響に加え、動植物への影響など広く環

**図 5**　熱媒の新油、再生前劣化油、再生油の比較

境全般に対する長期的な影響を考慮したものである。合成系有機熱媒は環境中に放出された場合、分解されずに長期間残存することが予想される。化審によると第一種監視化学物質に指定された熱媒の成分が自然界に放出される可能性があると認められた場合、製造・使用が事実上禁止される第一種特定化学物質に指定される可能性が高まる。そこで現在では熱媒の製造・輸入に係わる企業 4 社が化成品工業協会内に「熱媒体自主管理委員会」を発足させ、密閉系での使用や焼却による確実な処理の徹底など合成系有機熱媒の自然界への放出防止を目的とした活動を行っている。

熱媒ボイラーに関する見直し・改良も加速してより一層小型化が進み、現在は 12,000kW 出力のボイラーまで陸送可能となった上、2007 年には 14,000kW 出力のボイラーが完成品として海上輸送され、設置されている。なお熱効率面では 80～83%と大きな変化はないが、これは熱媒の使用温度が 300℃であることからボイラー単体では熱効率の限界に達していると言える。また原油価格の高騰により 2003 年ごろから燃料を重油からガスに転換する動きが目立っていたが、昨今はむしろ地球温暖化防止対策を目的とした燃料転換の動きが活発になってきている。

### 3.　熱媒の劣化と再生

熱媒は時間とともに劣化してくる。劣化の種類は、熱による劣化、空気との接触による酸化劣化、異物混入による劣化の大きく三つに分けられる。

熱劣化が進んだ場合、分解されてガス・低分子物質・ラジカル分子が生成する。このラジカル分子は他の分子に付加して重合の要因となる。酸化劣化では有機酸を生成し、熱媒の重合反応を促進する。重合すると重質物が生成され、スラッジとなりボイラーの加熱管の内側に付着し局部過熱損傷を引き起こす要因となる。また有機酸は水分が存在すると設備腐食の原因になる。

劣化した熱媒は再生することができる。熱媒の劣化物は主に分解物である低沸点成分と重合物である高沸点成分で構成されているが、再生は主成分とそれらの沸点差を利用した蒸留により主成分を取り出すことになる。再生油は新油と同程度の物性・性能を有する。**図 5** は左から新油、再生前劣化油、再生油であり、色相の比較においても再生油は新油に近いことがわかる。再生時期の判断基準は熱媒の種類によって異なり、劣化の度合いが設備の安定操業に支障をきたさないレベルで、なおかつ経済性を考慮して決定している。

設備の安定操業のためには定期的に使用している熱媒を採取・分析し熱媒の劣化状態を把握することが重要でありその結果によって対策を行う必要がある。そのためには、例えば熱媒メーカーが熱媒劣化試験を実施するなど、ユーザーと共に設備の安定操

① 通常の液体膨張収縮を吸収する配管
弁Ⓐは全開、弁Ⓑは全閉
② 水抜き運転時には弁Ⓑを全開にし、弁Ⓐを半分まで閉めて循環路を形成する。これにより液面から水分が蒸発し易くなる。

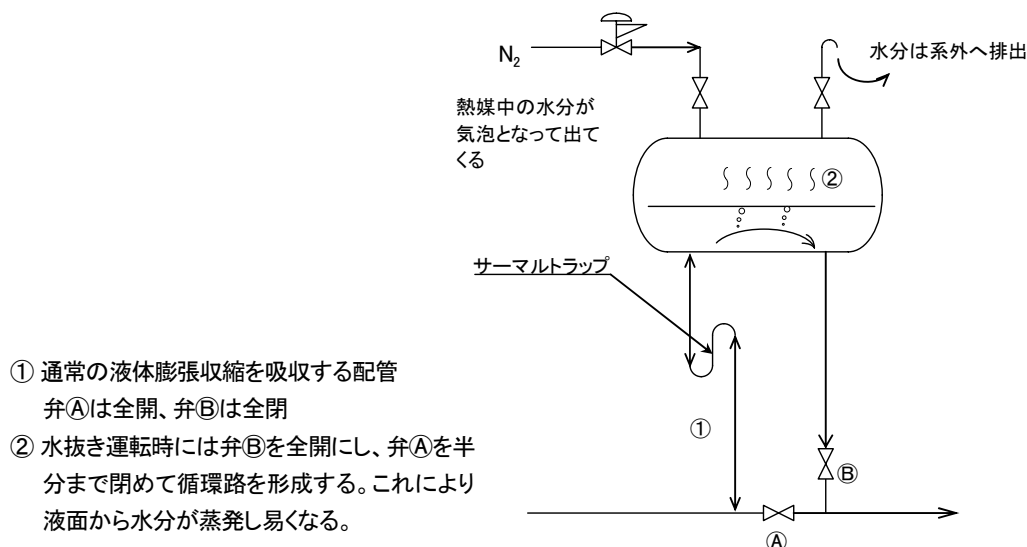



**図 6**　膨張槽の使用方法

業の維持や改善に努めることが必要である。

## 4. 熱媒システムの活用例

### 4.1 膨張槽の使用方法

熱媒は基本的に密閉系で使用するが、液体であるため温度の変化によって体積が変化する。これを吸収するために膨張槽を設ける必要があるが、膨張槽内温が高い状態で液面が空気と接触していると酸化劣化の原因となる。また大気開放で液面変動があると空気中の水分が混入する原因になる。いずれも前述の通り熱媒の重合反応･スラッジ生成を促進するため、その防止策として膨張槽気相部は窒素で置換しておかなければならない。

また膨張槽は系内への熱媒仕込み時や運転中の系内への水分混入時等の水抜き運転の際に利用されるユニットでもある。**図 6** に示すように２本の配管で連絡しておきバルブ操作で循環路を形成することで効率よく熱媒中の水分を膨張槽液面より水蒸気として系外に排出することができる。また、比重差による熱媒の上下移動を極力抑制する目的でＵ字管（サーマルトラップ）を併設している例が多い。

### 4.2 サブループ方式

使用温度が異なる複数の被加熱設備を同時に加熱する必要がある場合、被加熱設備毎に熱媒ボイラーを設置するのはイニシャルコスト･ランニングコストの両面から不経済である。これを解決するため**図 7** に示すようなサブループ方式が考案された。熱媒ボイラーを経由循環する系をメインループ、各被加熱設備を循環する系をサブループと呼ぶ。メインループの温度以下であれば各サブループで任意に温度を設定することができる。また、サブループにリボイラーやフラッシュタンクを設けることにより、気相で使用することもできる。

### 4.3 台数制御方式

スチームボイラーでは小型ボイラーを複数台並べて台数制御を行う方式が一般化している。この方式はボイラーを単体毎に常に効率の良い最適な出力で使用し、ユーザーでの必要熱量が変動した場合は個々に起動停止することで設備全体の省エネルギー化を図るものである。熱媒システムにあっても同様にボイラーの台数制御を行う場合があるが、スチームボイラーと異なり熱媒温度制御の精度維持や熱媒の劣化抑制などへの配慮が必要となり、被加熱設備の使用条件や形態に合わせてその都度方式を詳細に検討しなければならない。

## 5. 熱媒加熱システムの今後の方向性

### 5.1 熱媒

熱媒は主に化学業界を中心に使用されてきたが、最近は夜間電力の蓄熱体や太陽熱発電の媒体、太陽

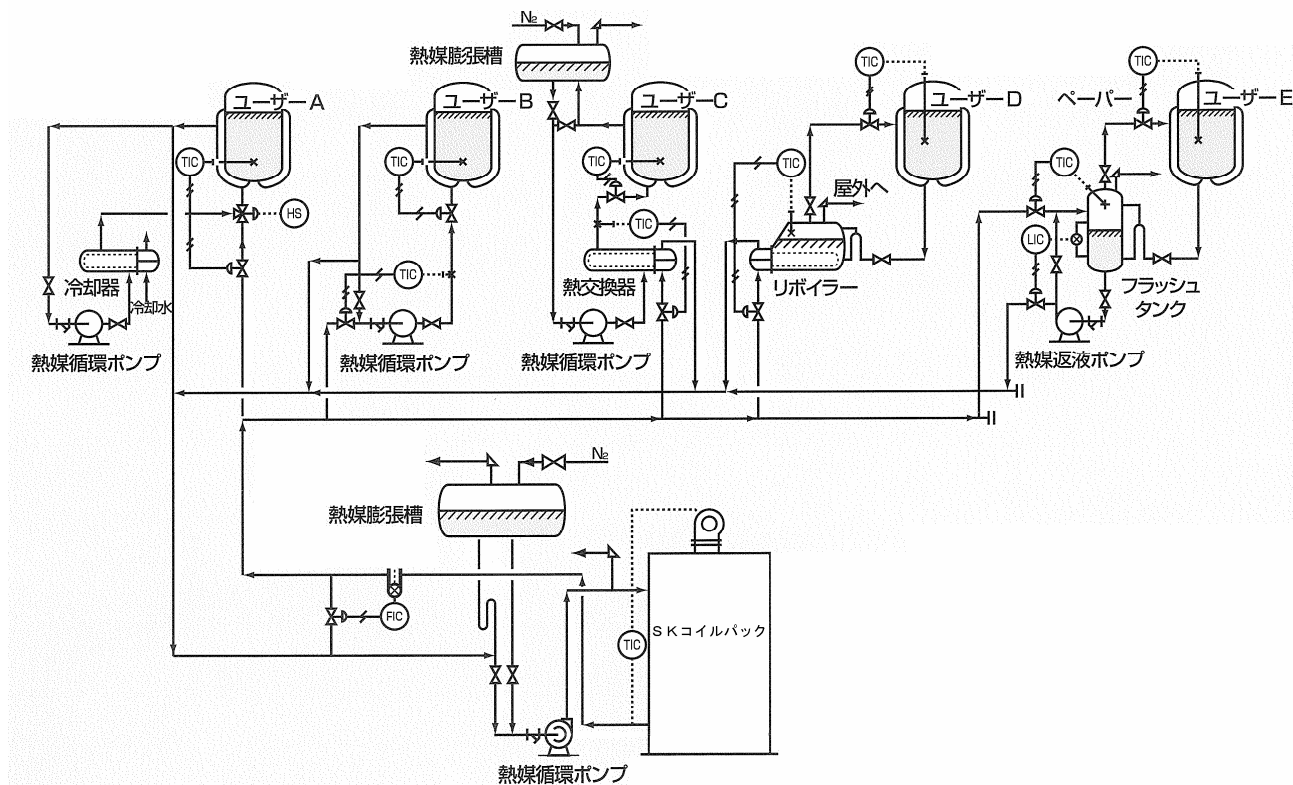



**図7　サブループ方式** 4)

電池製造工程での利用などにも使用され始めており、今後はこのような環境関連事業への用途が期待される。

熱媒は蒸留により再生が可能であり、日本ではほとんどのユーザーがこの再生を行っているが、中など諸外国では再生はほとんど行われていない。資源の有効活用、自然環境中への廃棄抑制など地球環境の観点から再生は国内に留まらずグローバルに展開されなければならない。

化審法の改正により現在使用されている熱媒の安全性が改めて調査されており、成分によっては第一種特定化学物質に指定される可能性もある。環境汚染が生じることのないように、今後熱媒メーカーや輸入業者だけではなくユーザーや熱媒処理業者の協力のもと更に管理体制を強化すると共に、耐熱性等の性能向上も図りながら鉱油系や無機系、シリコン系などをベースとした安全性の高い熱媒の開発にも注力していくことが不可欠である。

## 5.2　熱媒ボイラー

従来からのコストダウンを目的とした小型化は著者らも永年携わってきたが、それに加え昨今は更なる省エネや地球温暖化防止に向けた取り組みが進められている。ユーザーはここ数年、燃料を重油からガスに転換する動きが広まっており、併せて排熱回収設備を設置することで省エネを推進する動きも活発になってきている。A重油から13A都市ガスに転換することで約20%の$CO_2$削減が可能となる。今後は更に燃料転換や排熱回収による$CO_2$削減策を推進していく事はもちろんであるが、昨今では低炭素社会へ向けた非化石燃料利用技術の研究も進んできており、それらの技術を応用した熱媒加熱システムの開発にも着手していく必要がある。

## 5.3　メンテナンス

熱媒加熱システムの安全操業を維持していくためには、熱媒の分析等による品質管理以外にも、設備のメンテナンスによってボイラーを健全な状態に保ち性能を低下させないことが重要不可欠である。メンテナンスは、事後保全・予防保全から予知・予測型保全にシフトしてきており、ユーザーサイドでもその認識が高まってきている。予知・予測型保全は機械

設備の最適な運転状態を監視する他、例えば加熱管の肉厚測定や放射線検査、金属組織試験などの定期的な診断により余寿命予測を行うことである。監視・測定・検査はユーザーが独自に実施できるが、診断・解析・余寿命予測はその裏付けとなるデーター・実績・ノウハウなどがなければ実際には困難である。ボイラーメーカー、エンジニアリング会社などではこれらのデーターやノウハウを各社開発の設備保全情報システムに取り入れることによってユーザーに提供し始めているが、これらはあくまでも支援ツールであり、実際に予知・予測型保全を行うのはユーザー自身である。今後、メーカーとしてユーザーの予知・予測型保全実施の啓蒙と共に、設備保全情報システムの徹底活用のための教育訓練やシステムの適切な運用管理並びに設備診断・解析・余寿命予測の面でも強力に支援していく必要がある。

## 6. おわりに

操作の簡便性、温度制御性、コストパフォーマンス等から有力な代替システムは提案されていない現在、熱媒加熱システムが今後とも間接加熱の主要な方式として存在し、社会に貢献し続けていくためにも上述の「熱媒」「熱媒ボイラー」「メンテナンス」の三位一体化された総合技術力やサービスが求められることは言うまでもない。時代の要請に合わせて、あるいは先取りしながらそれぞれのあるべき方向に向けて技術革新を遂げていくことを強く望むものである。

**引用文献**

1) 綜研化学編“熱媒システムハンドブック,”工業調査会（1996）
2) 綜研化学㈱社内資料“五十年のあゆみ”
3) 綜研化学㈱社内資料“草創期の開発記録”
4) 綜研化学㈱カタログ

**参考文献**

1) 石油化学工業協会 50 年史
2) 昭和33年版科学技術白書, 昭和37年版科学技術白書
3) 長山淳哉;“しのびよるダイオキシン汚染,”講談社（1994）
4) 吉田邦夫:“ケミカル・ルネサンス－化学産業の未来が見える－,”丸善ライブラリー（1998）

# 小規模木質バイオマス発電の実現による
# 地球温暖化防止と持続的森林保全への試み

## Climate change, Forestry and
## Low Temperature Difference Indirect Heating Stirling Engine

竹 内　誠
Makoto TAKEUCHI

**要　旨**：世界有数の森林資源をもつにもかかわらずわが国の林業は停滞しており、放置された森林は荒廃している。一方、地球温暖化防止のための再生可能エネルギーの開発においてわが国は欧州などに比べ立ち遅れている。これら二つの社会的課題に対し、双方に有効な技術として木質バイオマスによる小規模発電を考える。使用する燃料は林業における余剰木材、製材業における製材屑を原料としたペレット、チップあるいは薪などである。これらの販売収益は森林に還元され、林業および関連産業の再生に資する。そして小規模木質バイオマス発電は温暖化ガス排出ゼロとみなされ、森林国であるわが国の再生可能エネルギーとして最適である。著者は低温度差に適した$\alpha^{+}$型機構の考案により 300℃の熱媒を介して間接的に作動ガスを加熱する間接加熱式低温度差型スターリングエンジン（LISE）を開発した。試作機は最大 10.4 kW の出力を得た。また、木質バイオマスボイラーと実際に組み合わせた実証試験を実施している。これらにより、従来困難であった木質バイオマスによる小規模発電が成立することを実証した。

**Abstruct**: Japanese Forestry is declining and the forest is ruined. On the other hand, development of sustainable energy field is on behind of Europe and other countries. These two social subjects will be solved by pay back using wood biomass from lumber dusts of forestry. Low Temperature Difference Indirect Heating Stirling Engine was developed as a key technology.

**キーワード**：スターリングエンジン、木質バイオマス　林業　再生可能エネルギー、温暖化

***Keywords***：Stirling Engine, Wood biomass, Forestry, Sustainable energy, Climate change

---

著者　竹内　誠　㈱サクション瓦斯機関製作所, 136-0074 東京都江東区東砂 6-10-4　takeuchi@suction.co.jp
2009.1.20 受付,　2009.5.21 受理
社会技術革新学会第 1 回学術総会（2007.10.12）にて発表

## 1. はじめに

わが国は現在でも国土の 60%は森林であり、その比率は世界でもフィンランドに次ぐ第 2 位である。その豊かな森林が危機的状況にある。森林のうち 40%を占める人工林は間伐や植林等の保全活動が適切に行われることで持続的な状態が維持される。

ところが林業や製材産業の衰退のため十分な保全がなされず、荒廃の一途をたどっている。この再生は国家の重要な課題である。一方、温暖化防止対策において京都議定書における約束期間にある今、その達成が危ぶまれている。対策の基本となる炭酸ガス吸収源としての森林の保全と炭酸ガスを発生しない再生可能型エネルギーの開発においてわが国は欧州などに比べ大変立ち遅れている。森林という世界有数の豊かな再生可能資源をもちながらそれを温暖化防止対策に生かしていないのがわが国の現状である。この二つの課題、森林保全と温暖化防止をつなぐことができればわが国のもてる資源を最大限生かし温暖化防止に貢献することができる。木質バイオマス発電はこの目的にかなう技術である[1)]。しかしながらニーズの高い 100 kW以下の小規模なものは実現していなかった。本報は間接加熱式低温度差型スターリングエンジン Low temperature difference Indirect heating Stirling Engine（LISE）の開発により、森林保全や製材によって生じる残材を用いた木質ペレット、チップ、薪を燃料とする小規模コジェネ発電システムが実現し、前記二つの社会的課題の改善に資する可能性を検証する。

## 2. 社会的背景としてのわが国林業と温暖化防止対策の現状

わが国の林業の現状は、2007 年度の森林・林業白書に次のような記述がある。

「長期的に国産材需要や木材価格が低迷してきた中、森林所有者の施業意欲の低下により適切な間伐が実行されない等の状況が一部にみられるほか、林業就業者の減少・高齢化が進むなど林業を取り巻く状況には厳しいものがある。」

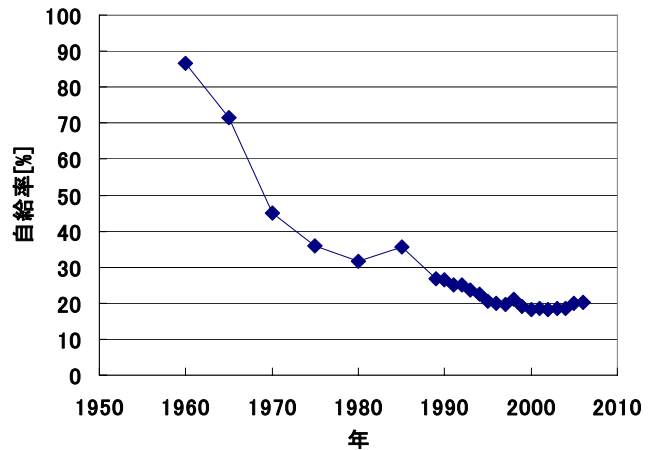



**図 1**　わが国の木材自給率

**図 1** は林野庁の木材需給表（平成 18 年度）における木材自給率のデータである。ここ数年わずかながら上昇に転じているものの国産材の利用が長期的に低迷していることを示している。

この要因は違法伐採された輸入材の問題、わが国の森林は機械化困難な地形であること等多くの解決すべき課題があるが、製材くずや林地残材の処理が従来はコストとして経営を圧迫してきたことも要因のひとつである。

一方、わが国の温暖化対策の現状は、世界で再生可能エネルギーへの転換が急速に進んでいるにもかかわらず、日本は十分省エネ努力をしてきたという考え方のもとで停滞している。京都議定書約束期間が 2008 年 4 月 1 日から始まったが、基準年 1990 年の排出量 12 億 6,100 万トンに対し、2005 年に 13 億 5,900 万トンと削減目標 6%に対し、逆に 7.7%も増加しているが、有効な対策を打ち出せない現状である。

## 3. キー技術としての木質バイオマスによる小規模発電

再生可能エネルギーにおける世界の流れは風力、太陽エネルギーが技術的に完成度が高く導入ベースでは主役であるが、これらに比べより安定した発電が可能であるにもかかわらず、技術的には未完成のバイオマス系に開発への期待度が高い。近年、バイオマスエネルギーとして穀物由来の液化

およびガス化バイオ燃料による内燃エンジンや燃料電池を用いた方式が研究されて来た経緯がある。しかし、これらはプロセスが複雑で、二次的な環境問題につながる場合もあり、さらに食料とのトレードオフ関係が大きな問題として指摘されている。

一方、間伐、植林等の持続的な森林保全のもと、林業およびその周辺産業を再生、活性化し、製材屑や林地残材を木質バイオマスとしてエネルギー利用すれば前記の問題がなく、温暖化対策として次の三つの役割が期待できる。

①森林の成長時における炭酸ガス吸収源としての役割

②伐採された木は木材が使用されている間、炭酸ガスを固定化する役割。

③森林の保全、木材の生産の課程で発生する残材を木質バイオマス燃料として利用することで炭酸ガス増加ゼロの再生可能エネルギーを得る役割。(木質バイオマスは燃焼しても生育時に吸収した $CO_2$ が排出されるだけなので、カーボンニュートラルとされ、排出量ゼロとみなされる。)

このように森林資源に恵まれたわが国の温暖化対策として最も適していると考えられる。

木質バイオマスを利用する技術は、扱いやすい液体燃料とガス燃料を主体に様々研究されているが、いまだ多くの課題を残している。

一方、燃料としては少々扱いにくく、内燃機関の燃料として使えないため日本ではあまり注目されていないが、燃料製造法としては既に確立したシンプルな方式として木質ペレットがある。先に述べた製材くずや林地残材等を細かく砕いて圧縮し直径7ミリ長さ15ミリ程度のペレットに固めエネルギー密度の高い固形燃料としたものである。木材に含まれるリグニンが接着剤の役目を果たすため100%木材である。さらにシンプルな木材を粉砕しただけのチップや伝統的な薪もある。これらが燃料として市場価値を持つことにより、従来廃棄物としてコストとなっていたものが利益に変わり、林業と周辺産業に還元されることが期待できる。たとえばオーストリアやドイツなどの EU 諸国では、木質ペレットを用いた暖房給湯システムの普及が進んでおり、EU全体で2020年までに $CO_2$ を京都議定書を超える20%低減を宣言しているのは、この木質ペレットを中心としたバイオマスの順調な普及がその背景にある。

木質ペレットは再生可能エネルギーであるにもかかわらず燃料としての経済性は化石燃料と遜色ない。代表的な岩手県のもので小売価格28円/kg(2007年10月現在)であり、一定規模以上のペレット生産者は採算に乗っていることは、ここ数年ペレット工場が増加していることからわかる。2008年1月現在(乱高下以前の価格とした)のA重油の価格は78.5円/litter、熱量あたりで7.22円/kWhであり、前記ペレット価格は熱量あたりでは5.96円/kWとなり、5.96/7.22=0.83倍ペレットの価格競争力がある[2)]。また、2008年の国際原油相場の乱高下に見られるような変動要因が少ない国産エネルギーであることも評価されるべきである。

このように林業および国産材の製材、利用のプロセスで発生する未利用木質バイオマス資源は経済的にも競争力のある燃料として認知され始めた。この木質バイオマスを用いて発電を行う方法は集中型と分散型がある。従来型エネルギ－の基本である石炭火力発電所で木質ペレット、チップを混焼する方法は、集中型であり大規模集中配置のため廃熱利用が困難で総合効率が低い。一方、施設単位で設備し、発電を行い、同時に熱需要を満たす分散型コジェネ発電は、熱需要がある場所で発電を行うことができるため、熱利用も含めた総合効率でその優位性がある。木質バイオマスの利用においても小規模分散型コジェネ発電が求められる。

小規模コジェネ発電が可能になることで従来の暖房、給湯等の熱需要に対する化石燃料からの転換に加え、発電により従来電力の化石燃料依存分の代替として双方の温暖化ガス削減が実現する。本システムで 10 kW の発電を行う場合、熱効率を12 %とした場合、10/0.12=83.3kW分の燃料が従来の化石燃料から木質バイオマスに転換され、前

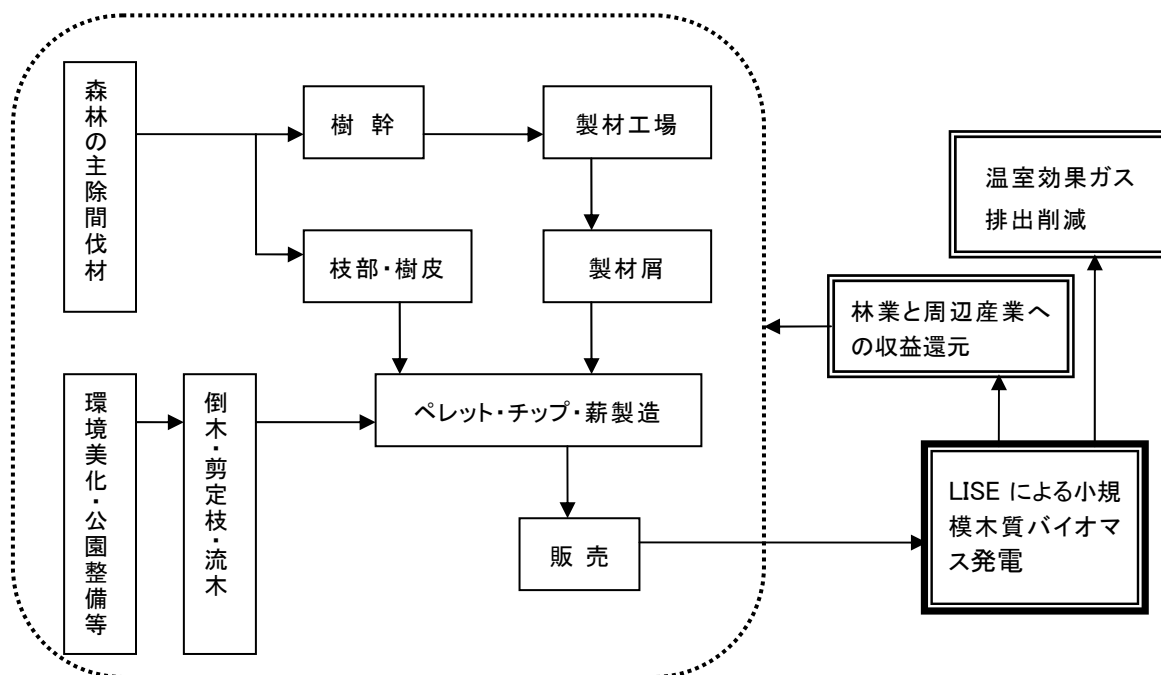



**図 2** システムの位置づけ

記ペレット価格にして 5.96 円/kW×83.3 kW×年間 4000時間＝1,985,872円の木質バイオマス需要が発生し、また、その分 $CO_2$ が削減される。たとえば A 重油の $CO_2$ 発生量は 0.249 kg/kWh（環境省基準の 2.71 kg/litter より）であるから、83.3 kW×年間 4000 時間×0.249 kg/kWh＝82,967 kg＝83 トンの $CO_2$ が削減されることになる。さらに発電した 10 kW は $CO_2$ 排出ゼロの電力であるからたとえば東京電力の排出係数は 0.425 kg/kWh（2008 年経産省・環境省告示第 8 号）を用いて、10 kW×年間 4000 時間×0.425 kg/kWh＝17 トンの $CO_2$ が削減されることになる。すなわち 10 kW 級の本システム１台が設置されると毎年約 200 万円の木質バイオマス燃料需要が発生し、熱利用、電気利用そして損失分を合わせて 100 トンの $CO_2$ が削減される。

**図 2** に本システムと林業とその周辺産業そして温暖化防止の関係を示す。森林は主伐、除伐そして間伐といった方法で伐採が行われ、木材の生産が行われる。最終的に木材にならない枝部、樹皮そして製材屑などは従来廃棄物として林業におけるコストになっていたが、本システムの燃料としてこれをペレット、チップそして薪などとして販売することによって、林業およびその周辺産業への収益の還元と温暖化ガス排出削減の二つの効果が期待されることを示す図である。

### 3.1 LISE（間接加熱式低温度差型スターリングエンジン）の開発

木質バイオマスで小規模コジェネ発電を考えると、既存技術である蒸気ランキンサイクルタービン発電があるが、小型化が困難で、1000kW 以下のものは存在しない。有機ランキンサイクルを用いたものでも 500kW 以上である。そこで、小型でも効率のよい外燃機関であるスターリングエンジンを用いて、木質ペレットの燃焼熱で作動させる方式が考えられる。

スターリングエンジンは、その原型は 19 世紀の初頭に開発され、主に石炭を燃料としてその高温燃焼ガスを熱源とする外燃機関であった。当時、主流だった蒸気機関が爆発事故を頻発していたところに安全な動力源として一定の普及を見たが、その後に登場した内燃機関に対抗できず市場から消えていった。近年、オランダのフィリップスが中心になり、近代の技術と材料を用いて再び開発が始まり、都市ガス等を燃料にして内燃機関より高い効率が得られることが評価され、現在まで世

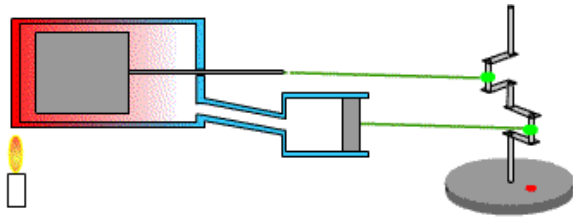



図 3　スターリングエンジンの基本原理[3]

界各国で開発が続けられている。これらは一貫して高温の燃焼熱を直接利用して高効率を狙う高温度差型のスターリングエンジンである。

ここで、スターリングエンジンの基本的な動作を図 3 に示す。密閉された容器の一方を暖め、もう一方を冷やす。その容器に蓄熱効果をもった仕切りを設け、冷たい空間に向かって移動させると冷たい空間は狭くなり、冷たいガスは暖かい空間に流れ込 む。冷たい空間から流入したガスは暖められ、冷たいガスよりも暖かいガスの方が多くなる。そうすると容器の中のガスは全体として圧力が上がる。そして仕切りを逆に動かすとこの逆の作用をして圧力が下がりもとの状態に戻る。この容器のどこかにピストンを設ければ圧力を受けて外部に力を取り出すことができる。その力によって軸を回転させ、さらにその軸の回転で仕切りの移動を行うことで連続的に動力を発生するエンジンとなる。

木質バイオマスによる小規模コジェネ発電にスターリングエンジンを応用する考え方は既に欧州を中心に開発されているが、現時点では高温燃焼における熱交換器の耐久性などの課題があり普及には至っていない。

さて、スターリングエンジンは外燃機関であることから燃焼熱でなくても温度差さえ存在すれば熱交換することで出力を発生させることができる特徴があり、低い温度差で運転する低温度差型スターリングエンジンがある。これは 1980 年ごろクロアチアのザグレブ大学のコリン教授が実験的に紹介したのが最初とされ、前記の高温度差型に比べ新しい技術である。したがって、19 世紀から脈々と蓄積してきたスターリングエンジンの技術はそのままでは適用できず、実用的な出力が得られるものはなかった。

その理由は、高効率で熱源からの熱エネルギーを取り込むための熱交換器、圧力損失の小さな再生器、機械損失の小さなメカニズムなど、そしてそれらを構成する機構について従来の技術では不十分で、低温度差型に適合した技術が必要となるためである。著者は従来からあるスターリングエンジンの基本形式である γ 型の YA-1[4]、同 α 型の YA-2[5]の開発を経て、新規に低温度差型スターリングエンジンに最適な機構として $\alpha^+$ 型機構を考案した。[5] **図 4** にこれらの概念図を示す。

γ 型はピストン力が働かずガス移動のみ行うディスプレーサとピストン力が働き出力を取り出すパワーピストンで構成され、α 型はガス移動と出力取出しを二つのピストンの相対的な動きで機能を果たすよう構成されている。$\alpha^+$ 型は α 型の圧縮側（下側）ピストンの外周部が分離して膨張側ピストン（上側）と連結してピストン力が働かないディスプレーサとして働き、内周部は外周部に形成された運動するシリンダーに内装されパワ

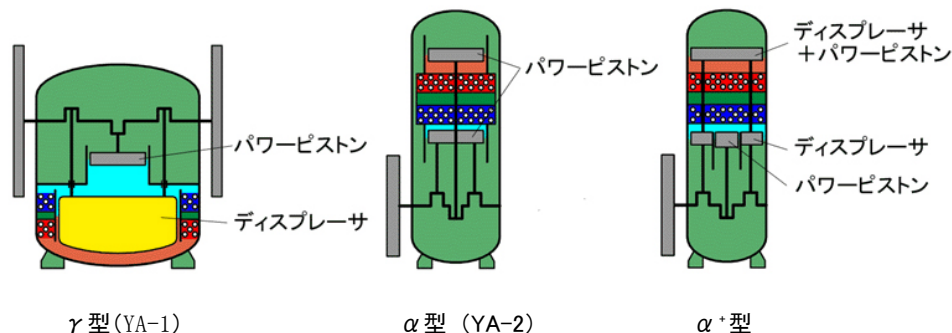



**図 4**　低温度差型スターリングエンジン基本形式の比較概念図

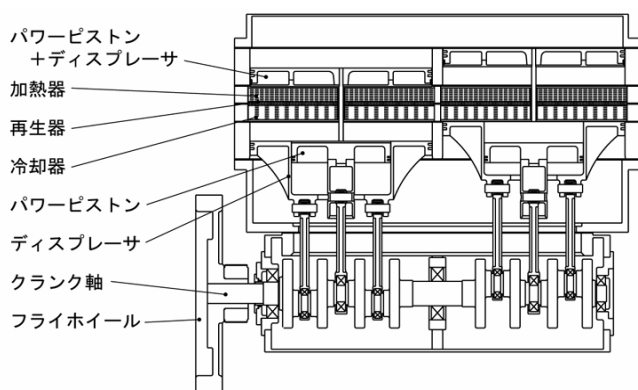



**図 5** 試作機の断面図

**図 6** 試作エンジン“AP1-10/250”

**表 1** 基本計画仕様

| 型　　式 | - | AP1-10/250 |
|---|---|---|
| ディスプレーサ 径×行程 | [mm] | 550 × 60 |
| パワーピストン 径×行程 | [mm] | 300 × 120 |
| 熱源温度 | [degC] | 300 |
| 冷却水温度 | [degC] | 20 |
| バッファ圧力 | [kPaA] | 600 |
| エンジン回転数 | [$min^{-1}$] | 900 |
| エンジン出力 | [kW] | 10.0 |

ーピストンとして働くことが特徴で、再生器の作動ガス通過面積を従来のスターリングエンジンに比較して画期的に大きくすることが可能である。それにより、低圧損で大量の作動ガスを通過させ低温度差エンジンに必要な熱源との十分な交換熱量を確保できる。それは膨張側ピストンと圧縮側ピストンがロッドで連結されているためピストン力を増加させずピストンを大面積化できることによるものである。

このような低温度差型スターリングエンジンの技術を利用すると、従来のスターリングエンジンが作動ガスと燃焼ガスの直接熱交換により熱エネルギーを取り込んでいたものを最高使用温度300℃程度の熱媒を介した間接熱交換として燃焼ガスの熱エネルギーをいったん熱媒と熱交換させ、熱媒をエンジン内で作動ガスと熱交換させる方式、間接加熱式低温度差型スターリングエンジン( LISE )とすることができる。これにより熱交換器の耐久性の問題は解決され、木質ペレットを利用した小規模分散型コジェネ発電システムを実現することが可能となる。

LISE は、木質バイオマスの燃焼ガスに触れる熱媒加熱器の伝熱管は、約 300℃の熱媒が通り、熱輸送管を経てエンジンの作動ガスに間接的にエネルギーが伝えられる。したがって伝熱管壁は常に熱媒で一定温度以下に保持されているため燃焼ガスが 1000℃を超えるような条件でも高い信頼性を持って運転可能となる。もちろん燃焼温度が低い場合も 300℃に熱媒を加熱することができれば運転が可能であり、非常に広い範囲でシステム設計が可能である。また、熱媒加熱器はスターリングエンジンの作動空間と分離されているためエンジンの設計と無関係に灰やタールによる汚れや清掃を考慮した熱交換器としての最適設計が可能であること、既設の木質ペレットボイラーに小さな改造で熱媒加熱器を組み込み、熱媒配管で LISE を中心として太陽熱集熱器や廃熱集熱器などの熱源も含む統合的な熱利用システムを接続しコジェネシステムを構成することができるなどの特徴がある。このような構想をもって実機の試作を行った。

**図 5** に断面図、**図 6** に写真、**表 1** に基本計画仕様を示す。クランク軸、クランクケースはφ550 という大径のピストンにもかかわらず、$\alpha^+$ 型機構の特性によってピストン荷重が直接クランク軸には作用しないためコンパクトなものとなった。加熱器、冷却器は、ともにプレートフィンチューブ型熱交換器を使用し、十分な通過面積を確保している。また、熱交換器と再生器の作動ガス流路は完全に一致しているため、流路の拡大、縮小によ

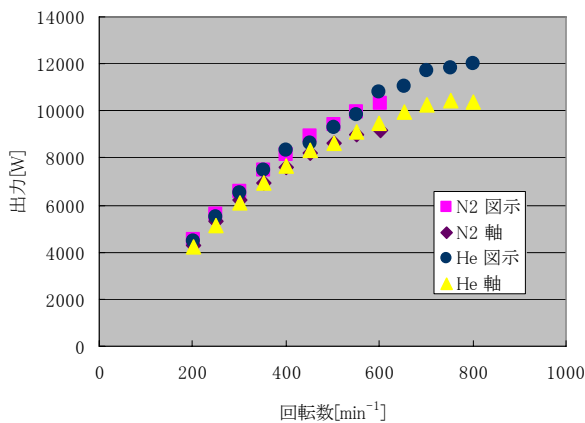



**図 7　図示および軸出力**

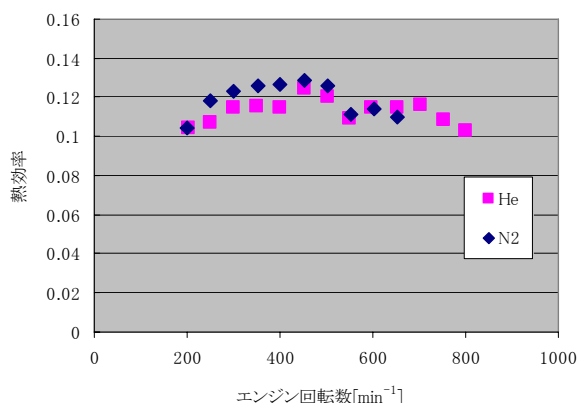



**図 8　熱効率**

る再生器無効容積はない。

上記エンジンを作動ガスに窒素とヘリウムを用いて試運転を実施したところ **図 7** のとおりヘリウムにおいて軸出力 10.4 kW の出力を得た。なお、軸出力は電気動力計を使用し、軸トルクと回転数から測定したものである。**図 8** は回転数に対する熱効率であり、熱媒の入口と出口の温度と流量を測定、エンジンに入った入熱量を計算し、それと前記の軸出力との比をとったものである。熱効率は約 12%であった。[7)]

## 5. 木質バイオマスボイラーとの組み合わせによる実証試験

2008年11月より大阪万博記念公園内におけるNPO法人里山倶楽部殿が実施中のNEDO木質バイオマス実証試験事業[8,9)]においてα$^{+}$型機構を用いた1kW級LISE実証試験を開始した。本実証試験は、公園内間伐材の薪を燃料とした温水出力14 kWの

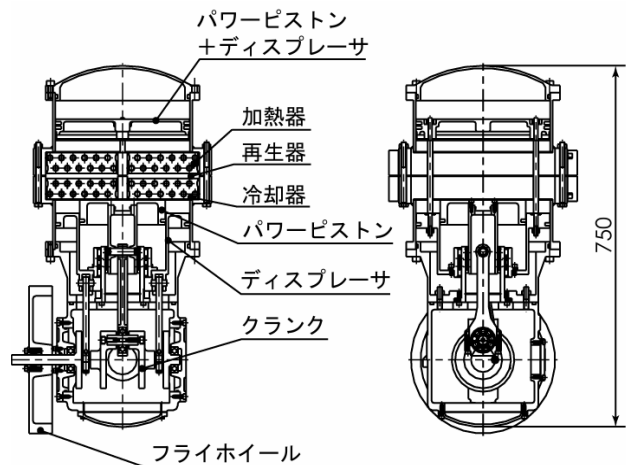



**図 9**　AP1-1/250 エンジン

**表 2　基本仕様**

| | |
|---|---|
| 型番 | AP1-1/250 |
| 加熱方式 | 熱媒油による間接加熱式 |
| 冷却方式 | 水冷 |
| 回転数 | 約　600　min-1 |
| バッファ圧力 | 0.5 MPaG |
| 熱源温度 | 300 ℃ |
| 冷却水温度 | 20 ℃ |
| 定格出力 | 0.7 kW |

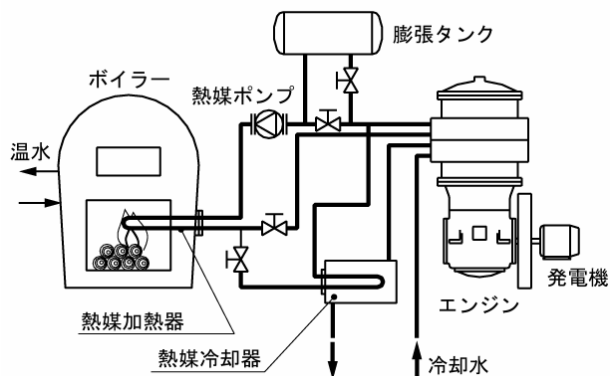



**図 10**　間接加熱システム実証試験装置フロー

木質バイオマスボイラーに熱媒加熱器を装着し、薪の燃焼熱で熱媒を 300℃に加熱し、間接加熱方式でエンジンを駆動し発電を行うものである。なお、温水は公園内に設置された足湯に供給される。

実証試験はα$^{+}$型機構を用いた 1 kW 級 LISE が採用された。**図 9** に基本構造、**表 2** に基本仕様を示す。

実証試験装置のフロー図を**図 10** に示す。熱媒加

熱器、熱媒ポンプ、エンジンそして熱媒冷却器などで構成され、熱媒加熱器で熱媒は約 300℃まで加熱されエンジンに送られる。エンジンから熱媒をポンプで再び熱媒加熱器に戻すフローが基本である。熱媒温度はバイパスラインの熱媒冷却器とエンジンに流れる熱媒の比率で制御可能である。熱媒冷却器は全体システムとしては温水加熱器として働く。エンジンはトルク検出器を介してインバータモーターと結合され、軸出力を計測するとともに発電出力を取り出すことができる。図 11 にこれらを現場に据付完了した写真を示す。

図 12 にデータの一例を示す。朝ボイラーに薪を投入し、昼前後に薪を追加投入、夕方燃焼終了までの熱媒温度 Th_in を右縦軸に、エンジン出力 Ls を左縦軸示す。横軸は時刻である。

図 11　木質バイオマスボイラーと LISE

自動化されたペレットボイラー等と異なり、人手で薪を投入するバッチ式のボイラーであるため、薪の投入のタイミングと量によって発電出力に大きな変化が見られる。このデータの例では朝投入した薪の量に対し薪を追加投入するタイミングが遅れたため午前中に大きく発電出力が低下しているが、今後、チップやペレットを用いた自動化システムとすることでより安定した運転が可能となる。

## 6.　今後の展望

森林保全や温暖化防止対策も健全なビジネスとして自立できなければ長期的に見た対策とはなり得ない。そこで、市場環境と本提案のビジネスとしての可能性について展望してみる。本提案を含め再生可能エネルギーをビジネスとして考えるにあたり、化石エネルギーとの競合関係を国が政策としてどう制御するかが大きく影響する。太古の世界からの蓄積を吐き出す化石エネルギーと現在の時間軸の範囲で再生可能とするエネルギーと同一の競合条件でのビジネスはありえないはずである。EU 諸国中でも積極的なドイツの場合、再生可能エネルギーに対しては通常電力料金の 3 倍程度で買い取る固定価格買い取り制度などがあり、こ

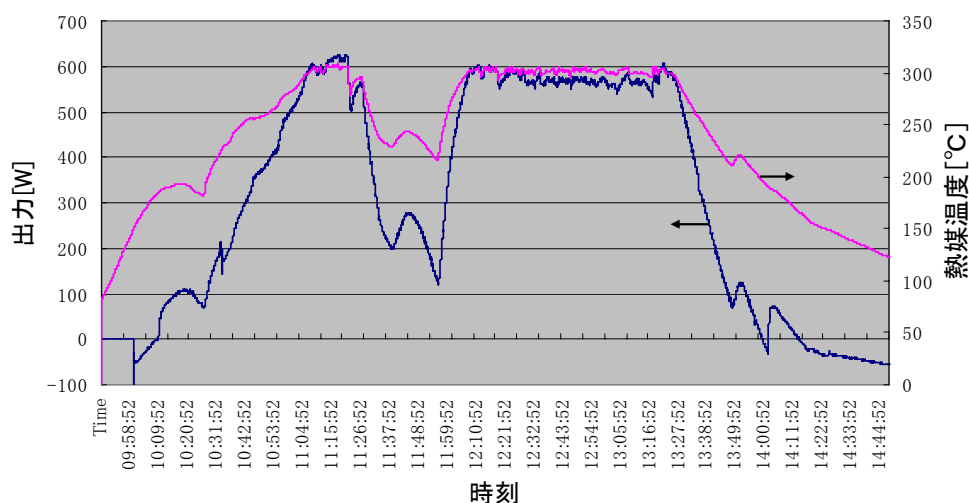



図 12　1 日の熱媒温度と出力

のことを政策として明確にしている。このため再生可能エネルギーのビジネスは急速に拡大している。しかし、わが国における再生可能エネルギーの位置づけは必ずしもこの点明確ではない。むしろ既存の電力系統の安定を損ねるものとして様々な規制が存在する。したがって、現状ではいかなる再生可能エネルギーもビジネスとして成立する状況ではない。ただ、太陽光発電に限定して先のドイツの制度と似た固定価格買い取り制度が法制化されることに決定されるなど改善の動きがある。これはわが国の太陽光発電の導入量がドイツやスペインに抜かれ 3 位になったことをきっかけとして導入が決まった外圧主導のものである。今後さらにアメリカのグリーンニューディール政策等の影響を受けわが国の政策も変化することは十分予想されるが、このような外圧依存の状況を一刻も早く改善し、日本が主導的な役割を果たしてもらいたいものである。

これらの基本的な環境が整った上での課題は、再生可能エネルギーの中でのコスト競争がある。木質バイオマスは燃料にコストがかかるが、前記のとおり現状でも化石燃料並みであり、将来、林業および周辺産業が活性化し、十分な量の木質燃料が供給される段階ではさらにコストが低減されるため、負担は小さい。機器コストについては太陽電池等の半導体系の技術は微細化と量産化によってコストが低減されるが、機械系の技術は最適規模化と量産化によって単位あたりのコストが低減される特徴がある。スターリングエンジンはタービンや内燃機関等を含む機械系技術の中では比較的小規模でコストメリットが発揮され、数 10kW クラスが有利な領域であり、小規模コジェネ発電の需要領域と合致している。さらに、低温度差型の場合は特別な高温材料や精密な構造が不要であることを生かし低コスト化を図ることができる。また、間接加熱式の場合、多様な熱源や熱利用形態を統合的にシステム化することで、構成要素個々のコストは吸収され、このクラスの再生可能エネルギーとしては最も競争力の高いものになると考えられる。

## 7.　おわりに

このように 300℃の熱媒で運転する間接加熱式低温度差型スターリングエンジンの性能を実証した。また、現場において木質バイオマスバイオマスボイラーと組み合わせた実証試験が開始され、順調に稼働中である。

結論として、$\alpha^{+}$型機構というひとつの要素技術の開発が間接加熱式低温度差型スターリングエンジンを実現し、木質バイオマスの燃焼で小規模分散発電を行うことを実現、それにより木質バイオマスペレット、チップそして薪がエネルギーとして利用され、その原料である間伐材の製材屑、林地残材などが従来のコスト要素から収益源として林業および製材産業に還元され、ひいては森林の持続的保全と温暖化防止というわが国における重要な二つの社会的課題に資することが明らかになった。

### 引用文献


1) 熊崎実; 木質バイオマス発電への期待, 全国林業改良普及協会, pp.20-21 (2000)
2) 岩手県; 木質資源利用ボイラー導入指針 (2008)
3) 小林善行 WEB 科学工作館より http://members.jcom.home.ne.jp/kobysh/stirling/stirlingIntro.html
4) 岩本昭一, 戸田冨士夫, 鈴木伸治, 山本格, 竹内誠; 300W 級低温度差スターリングエンジンの開発、第 6 回環境工学総合シンポジウム, pp.350-353 (1996)
5) 岩本昭一, 戸田冨士夫, 平田宏一, 竹内誠; 1kW 級低温度差スターリングエンジンの性能特性, 第 1 回スターリングサイクルシンポジウム講演論文集, pp.47-50 (1997)
6) 竹内誠, 鈴木伸治; 新しい機構を用いた低温度差スターリングエンジン, 第 8 回スターリングサイクルシンポジウム講演論文集, pp.51-52 (2004)
7) Makoto Takeuchi, Yutaka Abe, Shinji Suzuki, Zenjiro Nakaya and Atsuo Kitahara; Development of 10 kW Class Low Temperature Difference Indirect Heating Stirling Engine using α+-type Mechanism, Proceedings of the 10th International Stirling Engine Conference, pp.42-45 (2007)
8) 神崎康一, 大塚憲昭, 楠本英世; スターリングエンジ

ン木質バイオマスコジェネシステム実機導入への NPO の取組, 第 9 回スターリングサイクルシンポジウム講演論文集, pp.103-104 (2005)

9) 神崎康一, 大塚憲昭, 楠本英世; 大規模公園におけるスターリングエンジン・木質バイオマスボイラ・コジェネシステムの運用, 第 10 回スターリングサイクルシンポジウム講演論文集, pp.53-54 (2006)

技術革新と社会変革, 第2巻, 第1号, pp.29-58, 2009 報 文

# 知の市場の展開

## ― ボランティアを基礎とする新たな教育活動の試み―

Development of Free Market of・by・for Wisdom

― A Trial in Creation of Voluntary Open Network Multiversity ―

窪田 葉子 山﨑 徹* 中嶋 稚子 阿南 忠明 岸田 春美
Yoko KUBOTA Toru YAMAZAKI Wakako NAKAJIMA Tadaaki ANAN Harumi KISHIDA
大久保 明子* 中村 幸一* 山﨑 隆生* 髙橋 俊彦* 増田 優
Akiko OOKUBO Koichi NAKAMURA Takao YAMAZAKI Toshihiko TAKAHASHI Masaru MASUDA

要 旨：ボランティアを基礎とする新たな教育活動の構築を試みた。総合的な学習の機会の提供、実践的な学習の機会の提供、情報の提供と受講者の自己責任による自由な科目選択、大学・大学院に準拠した厳しい成績評価の四つの基本方針のもとに、広範な知識を備え社会においてそれぞれの立場で役割を果たす人材を育成するための自己研鑽の機会を提供する教育活動を 5 年間実施し、活動に参画する多数の講師、受講者、機関を組織化して、この試みは成功した。この基礎固めの上に今後、「互学互教」の精神のもと「現場基点」を念頭に「社学連携」を旗印として実社会に根ざした「知の世界」の構築を目指して、人々が自己研鑽と自己実現のために自立的に行き交い自律的に集う場として、知の市場を社会に広く深く展開する。

**Abstract**: We executed a plan to create a new educational structure based on voluntary actions. This plan has offered opportunities of self education for fostering human resources who have extensive wisdom and can play their respective roles in society. The principles of this plan are offering opportunities of comprehensive study and practical learning, providing sufficient information to select courses freely and with self-responsibility, and employing rigorous evaluation system pursuant to that of university or graduate school. As a result of five-year effort, we successfully establish an organization comprising voluntary lecturers, students and institutions. We now aim to expand this organization as "Free Market of・by・for Wisdom," that is a place where people gather and exchange their opinions, for self education and personal fulfillment on their own accord. Our final goal is to create a "World of Wisdom" that is rooted in the real world, with the spirits of "Coalition of Society & Education", "Collaboration of Mutual Teaching and Learning" and "Based on the Actual Field".

**キーワード**：知の市場、化学･生物総合管理の再教育講座、公開講座、人材育成、教養教育

***Keywords***：Free Market of・by・for Wisdom, Reeducation Program for Integrated Management of Chemical and Biological Risk, Public Education, Capacity Building, Liberal Art

著者所属：お茶の水女子大学ライフワールド･ウオッチセンター, 112-8610 東京都文京区大塚 2-1-11（＊ 印は当時所属）
連絡先 kubota.yoko@ocha.ac.jp

2009.1.20 受付, 2009.5.21 受理
社会技術革新学会第 1 回学術総会（2008.10.17）にて発表

## 1. はじめに

あらゆる分野で変化が加速化する現代社会にあって、社会人が恒常的に自己研鑽に励む必要性が高まっている。それは単に職業上の必要から関係分野の最新の知識を得るということにとどまらず、現代の社会や世界の動向を的確に理解するための教養を高めるという意味からも重要性が高まっており、人材育成と教養教育の向上による個人及び社会の能力強化（キャパシティー・ビルディング）が大きな課題となっている。

しかし、日本における社会人に対する体系的な教育の機会は限定されており、高等教育は 18 歳人口を対象にした学部教育と 22 歳人口を対象とした大学院教育が主体とされ、幅広い年齢層を対象とする教育、社会人を対象とする教育の体制は甚だしく脆弱である。その結果、専門家教育プログラムにおいて全学費及び生活費が支給される社会人教育プログラムなどの充実が図られ、一度社会に出て活動した経験を有する者の教育の機会が多い欧米の高等教育に比べて弱点を抱えている。[1]

現在、社会人に対して教育訓練サービスを提供する教育訓練プロバイダーは全国に数千以上存在するが、実施されている講習会やセミナーの目指すところは「専門知識（営業、技術、マナー、医療・介護・福祉など）を習得する研修」35%、「資格取得を主目的とする研修」20%、「OA・コンピュータ研修」15%、「階層別研修」12%、「教養・趣味・語学研修」が 14%であり、必ずしも体系的な学習の機会を提供しているとは言い難い。[2] また、大学の公開講座の例を見てみると、首都大学東京の公開講座では、1 講座あたり 90 分授業が 4 回程度の講座が多く、科学・技術系としては 2009 年度春季では約 130 講座のうち 16、夏季では 51 講座のうち 7 講座にすぎない。[3] また明治大学リバティ・アカデミーでは 1 講座あたり 90 分または 120 分の授業を 1 回から 16 回と多様であるが、教養・文化、ビジネス、資格・実務、語学を主体とした約 200 の講座のうち、理工系は 3 講座のみである。[4] 早稲田大学オープンカレッジでは、教養・文化・語学を主体とし、1 講座あたり 90 分授業を 10 回または 20 回の講座が多いが、2009 年度春早稲田校で開講する 400 以上の講座のうち、理工系に関するものは 6 講座のみである。[5] こうした例は社会人教育に注力してきている数少ない大学の例であり、国立大学にはこうした本格的な社会人教育の事例は見当たらない。

このように大学などにおいて社会人向けに提供されている公開講座などはその多くが教養・趣味・語学研修に特化する傾向が強く、特に理工系の分野に関わる教育を社会人に体系的に提供している事例は稀である。

一方、日本は 1970 年代から 1980 年代にかけて 1960 年代の高度成長期に発生した公害を克服し、1973 年と 1979 年の第一次および第二次の石油危機を克服した経験がある。この際に省エネルギーや公害防除を推進する幅広い人材を短時日のうちに数十万人規模で総合的に幅広く育成したことが、研究開発や設備投資が果たした役割にも増して最大の成功要因として挙げられる。例えばエネルギー管理士（2006 年度に熱管理士、電気管理士を統合）は 2007 年度末時点の累計有資格者数とエネルギー管理員講習修了者の累計修了者が約 6 万人である。[6] また公害防止管理者合格者及び認定講習修了者は 2006 年度までの合計で約 55 万人に達する。[7] この結果、省エネルギーなどを進めて 10 年余りで製造業におけるエネルギー消費原単位を 1973 年度を 100 として 1985 年度には 58.5 とするなど半減させ、[8] 1970 年代の約 10 年で水質汚濁や大気汚染を約 10 分の 1 に減少させた。例えば公共用水域水質の有害物質（健康項目）に係わる環境基準不適合率は 1971 年度の 0.6%から 1979 年度に 0.06%と低下した。[9,10] また大気汚染の原因となる硫黄酸化物についても、硫黄酸化物の排出量が 1970 年度の約 4,000（千トン)から 1981 年度の約 1,000（千トン)、1992 年度の約 700（千トン)に低下し、二酸化硫黄濃度の年平均値が 1970 年度の 0.034ppm から 1985 年度の 0.006ppm に低下した。[11,12,13]

企業における職業訓練も、1990 年代初めまでは

計画的に実施され、Off-JT や On-JT の実施率は80% 以上に達し、企業の労働費用合計に占める教育訓練費の割合は現金給与以外の労働費用あたり 2% を超えていた。しかし 1990 年代半ば以降、教訓練実施率、教育訓練費の割合とも低下している。[14,15,16]

1999 年度の国民生活白書 [17] によれば、生涯学習の年間平均費用は大学院（正規入学）で 100 万円以上、大学院・大学・専修学校の平均で 77 万円、民間通信教育等の平均で 18 万円とされている。そして自己啓発の障害としては、「時間が無い」の60%に次いで、「費用がかかりすぎる」の 37%が上げられており、自己研鑽や自己啓発における費用負担の問題は大きい。しかしながら、中央、地方を問わず財政難が深まる中で小学校から大学・大学院に至るまでの教育に多くの資金が必要とされており、社会人教育の充実に向けて新たな公的資金を確保することは困難な情勢となっている。

さらに、日本における高等教育にはより根本的な課題がある。これまで高等教育に携わる者に対して研究業績を中心とする資格審査を経ることを必須条件としてきた結果、実社会での経験に乏しい者が高等教育に携わる者の大勢を占めることとなり、社会人にとって魅力的な教育内容が提供され難い状況をつくりだしてしまったことのみならず、実社会における豊かな経験を有する多くの者がその豊かな経験を活かしながら教育に参画する機会が奪われてしまっている。

したがって、広範な知識を備えそれぞれの立場で役割を果たす人材の育成のために社会人を対象に幅広い自己研鑽の機会を提供することに対する社会的なニーズは高いものと思料される。そこで、こうした現状を踏まえ諸々の課題の解決に向かって一石を投じるため、ボランティアを基礎とする新たな教育活動について、次の四つの基本方針のもとに展開を図る試みを行った。これは、専門機関・実務機関、NPO・NGO、大学・学会および産業界と連携し、社会のより広範な人々や組織・機関が教育活動に参画しこれを支えていくものである。

1) 総合的な学習機会の提供
2) 実践的な学習機会の提供
3) 充分な情報提供と受講者の自己責任による自由な科目選択
4) 大学・大学院に準拠した厳しい成績評価

まず、社会の潜在的なニーズを掘り起こして顕在化させていくために、文部科学省の科学技術振興調整費新興分野人材養成事業を活用して、技術革新と生活や社会の変革あるいは化学物質や生物のもたらすリスクの評価や管理に関する公開講座を「化学・生物総合管理の再教育講座」として実験的に立ち上げ、新たな活動（事業モデル、business model）としての実現の可能性を探り、その結果を踏まえてボランティアを基礎とする新たな教育活動の展開を図る試みである。

本報は、新たな教育活動を「化学・生物総合管理の再教育講座」として試みることとした社会的な背景及び課題を示し、その実施方法と実施結果の詳細を報告し、実施状況について第三者を含む多様な立場から評価した結果とその活用によって進めた改善・改革について報告する。さらに、この方法と実績を検討し、立案した結果として新たに展開する教育活動である「知の市場」について報告し、今後同様の事例を行う際の参考となる事業モデルとして提示することを目的とする。

## 2. 化学・生物総合管理の再教育講座の展開

### 2.1 化学物質管理や生物管理における人材育成に関する背景

化学物質管理は、1992 年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（UNCED）においてアジェンダ 21 第 19 章が採択されて以降、環境と開発に係わる国際的な活動の中で主要な課題と位置づけられてきた。この国際的枠組みは 2002 年の持続可能な発展に関する世界首脳会議（WSSD）に引き継がれ、2006 年 2 月には国際化学物質管理会議（ICCM）において国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ（SAICM）が取りまとめられ、化学物質を総合的に管理するための方策が世界的に合意された。また、欧州における 2006 年の

新たな化学物質総合管理法制（REACH）の制定や米国における有害物質規制法（TSCA）の改正、そして国内における2003年3月の化学物質管理促進法の施行や同年5月の化学物質審査規制法の改正など関連する動きも活発である。そしてそれらの中において、人材育成と教養教育の向上による個人及び社会の能力強化（キャパシティー・ビルディング）が重要課題として挙げられている。

また生物管理においては、従来から農林・水産・食品、医療・医薬・健康、公衆衛生・検疫などの各分野において評価管理体系が基盤をなしつつ、1973年に組換えDNA技術が開発されたことを契機に、遺伝的に改変された生物に関するGILSP（Good Industrial Large-Scale Practice、優良工業製造規範原則）やプロダクトベース原則などの諸原則やガイドラインが制定された。さらに近年、環境保護などの観点からリスク評価の議論が再燃し、1992年に生物多様性条約が締結され、2000年にカルタヘナ議定書が採択された。国内においても同議定書の批准に伴い、2003年にこれらに関連する法律が制定された。また、抗生物質の普及によって一時は人類が制御に成功したかにみえた感染症についても、新興感染症の多発により世界的な課題として急浮上してきている。例えば新型インフルエンザによる脅威は、第一次及び第二次の世界大戦を凌ぐ経済・社会の麻痺を起こしかねない脅威として、世界保健機構（WHO）や各国において対策が進められている。そしてここにおいても、人材育成と教養教育の向上による個人及び社会の能力強化（キャパシティー・ビルディング）が大きな課題となっている。

しかしながら、現在のわが国における化学物質管理および生物管理に関する教育の状況を欧米諸国と比較すると、これらに必要な幅広い知見を総合的に教育する体制が著しく立ち遅れ、内外の動きに対応することができるか否か非常に心もとない状況にある。

このような社会の背景と教育の現状を踏まえて、広範な知識を備え社会においてそれぞれの立場で役割を果たす人材を育成するために必要とされる総合的な学習の機会を提供するものとして、技術革新と生活や社会の変革或いは化学物質や生物のもたらすリスクの評価や管理に関する公開講座を「化学・生物総合管理の再教育講座」（以下、「再教育講座」と略す）として開講する。

### 2.2　実施方法

#### 2.2.1　計画概要

化学・生物総合管理の再教育講座の実施期間は、2004年度後期から2008年度までの5ヶ年とする。

2006年度には、目標達成度、人材養成手法の妥当性、人材養成の有効性、実施計画・実施体制及び継続性・発展性の見直し、今後の進め方などの視点から中間評価を行う。

2004年度は後期のみの開講とし、2005年度からは前期・後期の通年で開講する。2004～2007年度はお茶の水女子大学で全ての科目を開講し、2008年度は開催場所としてお茶の水女子大学の他に5ヵ所を追加し、合計6ヵ所に拡充する。

各科目はそれぞれ、化学物質総合評価管理学群、生物総合評価管理学群、技術リスク学群、コミュニケーション学群、社会技術革新学群に位置づけ、化学物質総合評価管理学群と生物総合評価管理学群においては、科学的方法論に基づくリスク評価とともに国際的枠組みや国内法体系そして企業における管理などを中心に、化学物質や生物に係わるリスクの評価と管理について解説する。また、実社会の現場での活動経験が豊かな専門家を専門機関や企業、学会やNPOなどから講師として招聘し、理論のみならず実践的な学習を重視した内容を確保する。

なお開講科目のうち、2005年度は45科目、2006年度と2007年度は全科目にあたる58科目と55科目、2008年度はお茶の水女子大学及び東京工業大学キャンパスイノベーションセンターという大学構内で開講する27科目をお茶の水女子大学の学部学生向けの単位対象科目とする。

再教育講座は公開講座とし、企業の安全・環境関連部門、技術開発部門、企画部門の担当者や管理者はもちろんのこと、小中学校・高校教員、中

**表 1　化学・生物総合管理の再教育講座の 5 ヶ年年次計画**

| | 2004 年度 | 2005 年度 | 2006 年度 | 2007 年度 | 2008 年度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 委員会　（☆は開催状況）<br>推進委員会<br>評価委員会 | <br>☆☆☆☆☆☆<br> | <br>☆☆☆☆☆☆<br>☆☆☆☆☆☆ | <br>☆ ☆ ☆ ☆<br>☆ ☆ ☆ ☆ | <br>☆ ☆ ☆ ☆<br>☆ ☆ ☆ ☆ | <br>☆☆☆☆☆<br>☆☆☆☆☆ |
| 講座開講<br>受講者募集、選考<br>講義運営・実施 | <br>⇔ ⇔<br>←→ | <br>⇔ ⇔<br>←→ | <br>⇔ ⇔<br>←→ | <br>⇔ ⇔<br>←→ | <br>⇔<br>←→ |
| 教材作成<br>新規教材作成・修正<br>実証講義 | <br>←→<br>⇔ | <br>←→<br>⇔ | | | |
| シンポジウム開催 | | | | | ☆ |
| 養成目標数 | — | — | 100 人 | — | 200 人 |
| 予算額（合計 251 百万円） | 50 百万円 | 56 百万円 | 49 百万円 | 47 百万円 | 49 百万円 |

央行政機関・地方自治体関係者、NPO・NGO 関係者や市民など幅広い分野の社会人を主たる受講対象者とするが、技術革新と生活・社会との係わりや化学物質と生物のもたらすリスクの評価や管理に関心を有する学生・院生にも門戸を開放する。

社会人が受講しやすいように平日夜間と土曜日に開講する。受講者の募集と広報は、ホームページへの掲載、メールの配信、パンフレットの配布、ポスターの掲示、教育機関・公的機関・民間団体・企業などへの募集案内の郵送によって行う。そして、応募動機などで選考して受講者を決定する。

毎回授業の最後に講義内容に関する課題を出題し、受講者は小レポートを作成して提出する。15 回の講義が終了した時点で、科目全体に関する課題を出題し、受講者は最終科目レポートを提出する。そして、講義の出席率と最終科目レポートをもとに大学・大学院の成績評価に準拠した方法で厳しく評価を行い、所定の基準を満たした受講者に対しては受講修了証を授与する。

講義内容や講座全体の改善に資するため、毎回の講義ごとに受講者による評価を受けるほか、科目の終了時点で受講者と講師の双方の評価を受ける。また外部評価の体制を整え恒常的な改善を推進する。そして 5 年間の活動のとりまとめを行うとともに将来展開について議論し、広く社会の評価を受けるために 2008 年度末にシンポジウムを開催する。

再教育講座の 2004 年度から 2008 年度までの年次計画を**表 1** に示す。

#### 2.2.2　実施体制

お茶の水女子大学ライフワールド・ウオッチセンター（LWWC）が執行機関を務め、連携機関や開講機関との協力のもとに統括し運営することとした。それぞれの機関とその役割を含めた実施体制を**図 1** に示す。

(1) 化学・生物総合管理再教育講座推進委員会及び化学・生物総合管理再教育講座評価委員会

株式会社の取締役会に当たる機関として、再教育講座の運営について審議し円滑な連絡調整に資するため、連携機関や開講機関の代表者などから構成する化学・生物総合管理再教育講座推進委員会（以下、「推進委員会」と略す）を設置する。

また株式会社の監査役会に当たる機関として、再教育講座の実施状況および成果について中立的立場から評価するため、外部の有識者、経験者などから構成する化学・生物総合管理再教育講座評価委員会（以下、「評価委員会」と略す）を設置する。評価委員会の設置により、自己点検評価に加えて第三者による外部評価を受け、不断に再教育講座の質を向上する体制を整える。

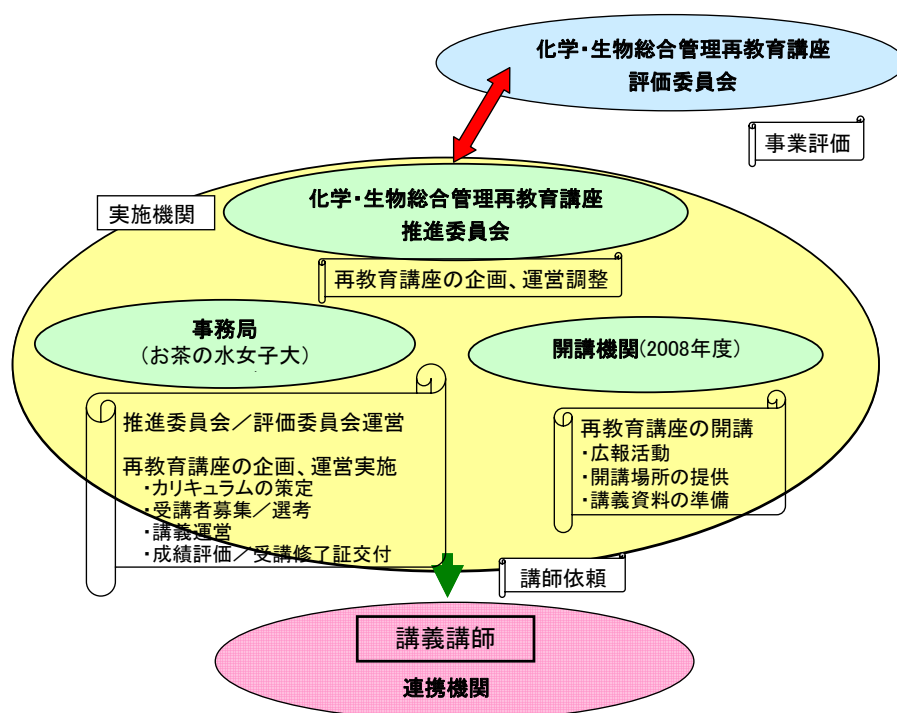



**図 1**　化学・生物総合管理の再教育講座の実施体制

**表 2**　各年度の所属機関別推進委員数

| | 推進委員会 | | | | | 評価委員会 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
| 専門機関・研究機関 | 4 | 5 | 7 | 7 | 10 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 行政機関 | | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
| 産業界・業界団体 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 6 | 7 |
| 大学 | 11 | 7 | 10 | 10 | 10 | 7 | 4 | 3 | 6 |
| 学会 | 2 | 4 | 4 | 4 | 6 | | | | |
| NPO・NGO | 3 | 5 | 2 | 2 | 3 | | | | 1 |
| 報道機関 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 合計 | 24 | 24 | 28 | 28 | 34 | 12 | 14 | 13 | 17 |

推進委員会及び評価委員会では、基本方針の審議･確認を行い、次の事項を審議する。各年度の各委員会の開催状況は表 1 の☆に示す。

1）カリキュラムに関すること
2）受講者の募集に関すること
3）講義の実施に関すること
4）中間及び最終評価に関すること
5）公開講座の継承と発展に関すること
6）その他化学・生物総合管理再教育講座の運営に関し必要な事項

所属機関の分類別の年度ごとの推進委員数及び評価委員数を**表 2** に示す。

**(2)** 連携機関と開講機関

2004 年度より設置されている科目の構成を行う連携機関に加えて、2008 年度から広報活動、開講場所の提供や講義資料の準備などを行って講座の開講に協力する機関として開講機関（2008 年 10 月に共催機関から名称変更）を設ける。

**(3)** 友の会

2004 年度後期の化学・生物総合管理の再教育講座の開講とともに、再教育講座に関する情報交換やより広く化学物質や生物の総合管理などに関する情報交換を目的として友の会を創設する。

友の会へは、毎期の講師と受講者について本人

の意思を確認した上で登録するものとする。

### 2.2.3　カリキュラムの編成と講義の進め方

(1) カリキュラム編成の基本的考え方

わが国における化学物質管理や生物管理およびそれらの背景となる技術革新と生活・社会の係わりに関する教育の現状をみると、これらを的確に理解する上で必要な幅広い教育や研修を受ける機会は限定され、専門的な人材の育成のみならず、教養教育のための制度の整備も著しく立ち遅れている。その結果、化学物質管理や生物管理を巡る日本の現状は、国内外の動きに適時、適切に対応していくことができないのではないかと危惧される状況にあり、社会全体のリスクの評価と管理に対する理解の底上げを図っていくことが急務である。

こうした認識を踏まえて、化学・生物総合管理の再教育講座では、技術革新と社会の変革に関して、あるいは、化学物質と生物のもたらすリスクの評価や管理に関して広範な知識を備え、それぞれの立場で役割を果たす人材を育成するために必要とされる総合的な学習の機会を提供することを目的とし、講義内容の充実、科目の編成、カリキュラムの編成を行った。その際、理論のみならず実践的学習を重視し、専門機関、NPO・NGO、学会、大学および産業界と連携し、様々な実体験を豊富に有する専門家を講師陣として迎え、実践的な学習の機会を提供することに主眼を置いた。

化学物質や生物のもたらすリスクの評価や管理などについて総合的な学習の機会を提供することを目的としていることから、部分のみの聴講では総合的な知識を得て様々な観点を知るためには不十分である。したがって、科目を講義のまとまりのある最小単位とした。すなわち受講にあたっては、15 回の講義から構成される科目ごとの履修とし、１講義のみの聴講や部分的な聴講は認めないこととした。

講義時間は社会人が受講しやすい平日夜間（18 時 30 分から 20 時）と土曜日の午前と午後（10 時から 13 時 20 分、14 時から 17 時 20 分）とし、2008 年度は 2007 年度までのお茶の水女子大学に加えて、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の川崎本部、主婦会館、物質・材料研究機構東京会議室、産業技術総合研究所東京本部、及び東京工業大学キャンパスイノベーションセンターの 5 ヵ所で開講した。

なお中間評価を踏まえて、教育内容のバランスの確保に配慮しながら到達目標をより明確にシラバスに示すとともに、到達レベルのより客観的な評価に資するように各科目の概要や 15 回の各講義の概要を策定した。 これらによって、多様な背景を持つ広範な応募者が、それぞれの立場や必要に応じて体系的な学習を行うことを可能とした。

(2) 開講科目

各年度の開講科目数と開講期間を**表 3** に示す。合計 221 科目を前期と後期に分けて開講したが、初年度の 2004 年度は後期のみ開講した。2008 年度は化学・生物総合管理の再教育講座の最終年度であるため、後期を前倒しで実施した。

(3) 学群構成と科目水準

開講科目を化学物質総合評価管理学群、生物総合評価管理学群、社会技術革新学群、技術リスク学群及びコミュニケーション学群の 5 群に分類した。開講時には分類していなかった 2004 年度開講の科目についても、事後的に同様に分類して各学群に位置づけ、2005 年度以降に開講した科目との継続性を確保した。学群ごとの科目数の変遷を**表 4** に示す。

また、多様な背景を有する受講者が自己責任により自由に科目選択をするにあたり適切な判断に資するように、各科目を基礎、中級、上級に分類した。

基礎、中級、上級はいずれも大学院の修士の水準以上の内容であるが、その中で基礎は教養的側面が強い幅広い内容の科目、中級は方法論を含めた各論的な内容の科目、上級は専門分野のより高い内容あるいは演習や実習を含めて方法論を自ら運用することをめざす内容の科目である。学群別水準別の実施科目構成を**表 5** に示す。全ての学群で基礎科目を設定し、化学物質総合評価管理学群のうちの化学物質総合管理学と技術リスク学群に

**表 3　各年度の開講科目数と開講期間**

| | 前　期 | | 後　期 | | 合計<br>科目数 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 科目数 | 開講期間 | 科目数 | 開講期間 | |
| 2004 年度 | — | — | 15 | 2004.09.01～2005.02.16 | 15 |
| 2005 年度 | 28 | 2005.04.15～2005.08.15 | 28 | 2005.09.02～2006.02.17 | 56 |
| 2006 年度 | 29 | 2006.04.12～2006.08.05 | 29 | 2006.09.16～2007.02.15 | 58 |
| 2007 年度 | 27 | 2007.04.12～2007.08.06 | 28 | 2007.09.21～2008.02.04 | 55 |
| 2008 年度 | 27 | 2008.04.08～2008.08.06 | 10 | 2008.08.07～2008.12.15 | 37 |
| 合　計 | 111 | | 110 | | 221 |

**表 4　学群ごとの科目数の変遷**

| 学　群 | 2004 年度 | 2005 年度 | 2006 年度 | 2007 年度 | 2008 年度 | 合　計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 化学物質総合評価管理 | 7 (46.7%) | 20 (35.7%) | 20 (34.5%) | 21 (38.2%) | 13 (35.1%) | 81 (36.7%) |
| 生物総合評価管理 | 4 (26.7%) | 11 (19.6%) | 11 (19.0%) | 7 (12.7%) | 6 (16.2%) | 39 (17.6%) |
| 社会技術革新 | 3 (20.0%) | 12 (21.4%) | 15 (25.9%) | 11 (20.0%) | 8 (21.6%) | 49 (22.2%) |
| 技術リスク | | 5 ( 8.9%) | 3 ( 5.2%) | 5 ( 9.0%) | 5 (13.5%) | 18 ( 8.1%) |
| コミュニケーション | 1 ( 6.7%) | 8 (14.3%) | 9 (15.5%) | 11 (20.0%) | 5 (13.5%) | 34 (15.4%) |
| 合　計 | 15 (100%) | 56 (100%) | 58 (100%) | 55 (100%) | 37 (100%) | 221 (100%) |

**表 5a　学群別、水準別の開講科目（2008 年度に開催した科目）**

| | 化学物質総合<br>評価管理学群 | 生物総合<br>評価管理学群 | 社会技術革新学群 | 技術リスク学群 | コミュニケーション学群 |
|---|---|---|---|---|---|
| 上級 | 化学物質総合評価学 1 (2005～2008) | | | | |
| | 化学物質総合評価学特論 1 (2005～2008) | | | | |
| 中級 | 化学物質総合評価学特論 3 (2007､2008) | | | | |
| | 化学物質総合評価学事例研究 2 (2005～2008) | | | | |
| | 化学物質総合管理学 3 (2006～2008) | | | | |
| | 化学物質総合管理学概論 1 (2004～2008) | 生物総合評価管理学 3 (2006～2008) | | | |
| | 化学物質総合管理法学 4 (2006～2008) | 生物総合評価管理学特論 4 (2006～2008) | | | |
| | 化学物質総合管理学特論 6 (2006～2008) | 生物総合評価管理学 5(2008) | 社会技術革新学特論 11 (2004～2008) | リスク学特論 4 (2007、2008) | |
| | 化学物質総合評価管理学事例研究 2 (2006～2008) | 生物総合評価管理学概論 1 (2005～2008) | 社会技術革新学特論 12 (2005～2008) | リスク学特論 5 (2008) | |
| 基礎 | 化学物質総合評価学概論 1 (2004～2008) | 生物総合評価管理学特論 2 (2004～2008) | 社会技術革新学特論 3 (2005～2008) | リスク学特論 1 (2007、2008) | コミュニケーション学特論 1 (2005～2008) |
| | 化学物質総合評価学概論 2 (2005～2008) | 生物総合評価管理学事例研究 4 (2004～2008) | 社会技術革新学特論 5 (2005～2008) | リスク学特論 3 (2008) | コミュニケーション学特論 5 (2007、2008) |
| | 化学物質総合管理学特論 1 (2005～2008) | | 社会技術革新学特論 13 (2006～2008) | リスク学特論 6 (2008) | コミュニケーション学特論 8 (2007、2008) |
| | 化学物質総合管理学特論 5 (2006～2008) | | 社会技術革新学特論 14 (2007､2008) | | コミュニケーション学事例研究 1 (2004～2008) |
| | | | 社会技術革新学特論 15 (2007､2008) | | コミュニケーション学事例研究 4 (2005～2008) |
| | | | 社会技術革新学特論 16 (2007､2008) | | |

注 1：（　）内は開講年度を示す。注 2：開講年度によって同じ科目の名称が異なる場合、最終年度の名称を記載。

表 5b　学群別、水準別の開講科目（2007 年度以前のみに開催した科目）

| | 化学物質総合評価管理学群 | 生物総合評価管理学群 | 社会技術革新学群 | 技術リスク学群 | コミュニケーション学群 |
|---|---|---|---|---|---|
| 上級 | 化学物質総合評価学特論 2 (2005) | | 社会技術革新学特論 18(2007) | | |
| 中級 | 化学物質総合評価学 2 (2005) | | | | |
| | 化学物質総合管理学 1 (2004、2005) | | | | |
| | 化学物質総合管理学 2 (2005) | | | | |
| | 化学物質総合管理法学 1 (2004、2005) | | | | |
| | 化学物質総合管理法学 2 (2004、2005) | | | | |
| | 化学物質総合管理法学 3 (2005～2007) | | | | |
| | 化学物質総合管理学特論 3 (2005～2007) | 生物総合評価管理学 1 (2005、2006) | | | |
| | 化学物質総合管理学特論 4 (2005～2007) | 生物総合評価管理学 2 (2005、2006) | | | |
| | 化学物質総合管理学特論 8 (2007) | 生物総合評価管理学概論 2 (2004～2007) | | | |
| | 化学物質総合評価学事例研究 1 (2005、2006) | 生物総合評価管理学事例研究 1 (2004、2005) | | | |
| | 化学物質総合管理学事例研究 1 (2004～2007) | 生物総合評価管理学事例研究 (2005～2007) | 社会技術革新学特論 9 (2005、2006) | | |
| 基礎 | 化学物質総合管理学概論 2 (2004～2007) | 生命倫理学概論 1 (2005) | 社会技術革新学概論 1 (2004～2006) | リスク学概論 1 (2005) | 科学コミュニケーション学概論　(2005～2007) |
| | 化学物質総合管理学特論 2 (2005～2007) | 生命倫理学概論 (2005、2006) | 社会技術革新学概論 2 (2005、2006) | リスク学事例研究 3 (2006、2007) | コミュニケーション学特論 2　(2005～2007) |
| | | 生物総合評価管理学特論 1 (2005～2007) | 社会技術革新学特論 1 (2004～2006) | リスク学事例研究 4 (2005～2007) | コミュニケーション学特論 3　(2006、2007) |
| | | 生物総合評価管理学特論 3 (2005、2006) | 社会技術革新学特論 2 (2005、2006) | リスク学事例研究 6 (2005～2007) | コミュニケーション学特論 4　(2005、2006) |
| | | | 社会技術革新学特論 4 (2005～2007) | | コミュニケーション学特論 10 (2007) |
| | | | 社会技術革新学特論 6 (2005～2007) | | コミュニケーション学事例研究 3　(2005～2007) |
| | | | 社会技術革新学特論 7 (2005、2006) | | |
| | | | 社会技術革新学特論 8 (2005、2006) | | |
| | | | 社会技術革新学特論 10 (2005、2006) | | |

注１：（　）内は開講年度を示す。
注２：開講年度によって同じ科目の名称が異なる場合、最終年度の名称を記載。

**専門機関**
国立感染症研究所
国立医薬品食品衛生研究所
産業技術総合研究所
化学物質評価研究機構
化学技術戦略推進機構
科学技術振興機構
農業生物資源研究所
物質・材料研究機構
新エネルギー・産業技術開発機構
国立教育政策研究所社会教育実践センター
東京都健康安全研究センター
製品評価技術基盤機構
科学技術文明研究所
労働安全衛生総合研究所
労働科学研究所

**行政**
厚生労働省
経済産業省
内閣府
環境省
農林水産省

**お茶の水女子大学（LWWC）**

**大学・学会**
化学生物総合管理学会
社会技術革新学会
高分子学会
化学工学会SCE-Net
失敗学会組織行動研究会
日本化学会
ブレインサイエンス研究会
名古屋市立大学
東京大学医科学研究所
東京大学大学院
福山大学
産業医科大学
長岡技術科学大学
工学院大学

**産業界**
住友化学
日立製作所
ザ・コンベンション

**金融機関**
三菱UFJ信託銀行

**報道機関**
日本経済新聞社

**NPO/NGO**
日本獣医師会
日本国際生命科学協会
ディレクトフォース
主婦連合会
くらしとバイオプラザ２１
バイオインダストリー協会
日本メディエーションセンター

**図 2**　科目編成に参画した連携機関

ついては中級の科目を、また化学物質総合評価管理学群のうちの化学物質総合評価学、生物総合評価管理学群及び社会技術革新学群については中級に加えて上級までの科目を設定し、より水準の高い学習を可能とした。

これによって受講者の興味や知識レベルなどによって適切な科目の選択を可能とした。

(4) <u>講師陣の構成</u>

再教育講座では実践的学習を重視しているため、専門機関、NPO・NGO、学会、大学および産業界の多くの機関と連携し、従来の教員資格審査にこだわることなく、様々な実務体験を豊富に有する専門家を講師陣として迎えた。

2004 年度 101 名、2005 年度 378 名、2006 年度 449 名、2007 年度 459 名、2008 年度 344 名と合計 1731 名の多くの講師によって講義を行った。

大学・学協会、専門機関、産業界、行政などの種々の分野の延べ 46 機関が科目編成に協力した。科目編成に協力した連携機関を**図 2** に示す。

講師の所属組織の社会における一般的な位置づけとは別に、講師の実質的な背景をもとに分類した連携機関別の実施科目を**表 6** に、所属機関別の講師構成を**表 7** に示す。講師の所属分野は、年度によって差はあるが産業界・業界団体がもっとも多く、大学・学協会がと専門機関・研究機関(国公立)がこれにつづき、地方自治体・行政機関、専門機関・研究機関(民間)、消費者団体・市民団体などがこれに加わって、多様であった。

(5) <u>講義の進め方</u>

講義は原則として各講師が用意した教材をスクリーンに投影して行った。また配布資料をあらかじめ用意して当日受講者に配布した。その他、適宜黒板を使用したり、パンフレットなどを参考資料として配布したりした。毎回の講義においては受講者に対して講義開始時に出席表への署名を、終了時に受講者に小レポートと講義の評価のためのアンケートの提出を求めた。

① 出席表

各講義のはじめに出席表に受講者が直筆で署名し、受講者の出欠状況を確認した。

各受講者の出席率は受講修了証の授与のための評価に用いた。

② 小レポート

各講義の終わりに講師より課題を出題して受

**表 6　年度別連携機関別の実施科目**

| 分　類 | 連携機関 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 産業界・業界団体 | 住友化学 | | 103 152<br>153 154 | 103,<br>153 | 153 | 153 |
| | 日立製作所 | 106(6) | 106 156 | | | |
| | 三菱ＵＦＪ信託銀行 | | | | 405 | 405 |
| | 化学工学会SCE･Net | | 110 160<br>303 304<br>353 354<br>454 | 110 160<br>303 304<br>353 354<br>454 | 110 160<br>303 304<br>353 354<br>454 | 110 303<br>304 |
| | 製品評価技術基盤機構、<br>化学生物総合管理学会 | 105(2)<br>109(7)<br>155(3) | 105 109<br>155 | 105 109<br>155 | 105 109<br>155 | 105 |
| | 日本国際生命科学協会 | 203 | 203 253 | 112 159<br>253 | 112 159<br>253 | 112 159 |
| | 化学技術戦略推進機構 | | 111 161<br>305 355 | 111 161<br>305 355 | 111 161 | |
| | ディレクトフォース | 307(15) | 307(402)<br>357 | 307 357 | 307 357 | 307 357 |
| | 失敗学･組織行動研究会 | | 453 | 403 453 | 403 453 | |
| | ザ・コンベンション | 301(13) | 301 | 301 | | |
| | バイオインダストリー協会 | | 356 | 356 | | |
| 研究機関（国公立） | 国立感染症研究所 | 251(9) | 201 251 | 201 251 | 201 251 | 201 |
| | 農業生物資源研究所 | | | 203 | 203 | 203 207 |
| | 新エネルギー･産業技術総合開発機構（NEDO） | | | | 309 359 | 309 359 |
| | 厚生労働省、<br>国立医薬品食品衛生研究所 | | 108 | 108 | 108 | |
| | 物質・材料研究機構 | | | 308 | 308 | 308 |
| | 産業技術総合研究所 | | | | 358 | 358 |
| | 東京都健康安全研究センター | | | | 556 | 556 |
| | 国立教育政策研究所　社会教育実践研究センター | | | | 557 | |
| | 労働安全衛生総合研究所 | | | | 163 | |
| | 製品評価技術基盤機構 | | | | | 456 |
| 専門機関・研究機関（民間） | 化学物質評価研究機構 | 101(1) | 101 151 | 101 151 | 101 151 | 101 151 |
| | 労働科学研究所 | | | | | 407 |
| | 科学技術文明研究所 | | 206 | | | |
| 消費者団体・市民団体 | 日本メディエーションセンター | | 554 555 | 554 555 | 554 | |
| | くらしとバイオプラザ２１ | | 553 | 553 | 553 | 553 |
| | 主婦連合会 | | 504 | 504 | 504 | 504 |
| 大学･学協会 | お茶の水女子大学A | 254(10) | 204 254<br>255 | 204 254<br>255 | 204 254 | 254 |
| | 産業医科大学 | | | 106 | 106 455 | 106 455 |
| | 産業医科大学、<br>ブレインサイエンス研究会 | | | | 113 | 113 |
| | 名古屋市立大学大学院医学研究科 | | 104 | 104 | 104 | 104 408 |
| | 高分子学会 | 302(14) | 302 352 | 302 352 | | |
| | 化学生物総合管理学会A | | | 162 | 162 | 162 |
| | 日本獣医師会 | | | 256 | 256 | 256 |
| | 日本化学会 | | | 505 | 505 | |
| | 長岡技術科学大学 | | 401 | | | |

| 分　類 | 連携機関 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 地方自治体・行政機関 | 中央省庁A | 107 (5) | 107 | | | |
| | 中央省庁C | | | 158 | 158 | 158 |
| | 内閣府 | | | | 506 | 507 |
| | 農林水産省 | | | 252 | | |
| マスコミ | 社会技術革新学会 | 502 (12) | 502 | 502 | 502 | 502 |
| 個人、その他 | お茶の水女子大学B | 351 | 202 252<br>256 306 | 202 260<br>306 351 | | |
| | お茶の水女子大学C | | 503 | 503 | 361 | 503 |
| | 化学生物総合管理学会B | 257 (8) | 257(552) | 257(552) | 257(552) | 257 |
| | 化学生物総合管理学会C | | 102 | 102 | 102 | 102 |
| | 中央省庁B | 157 (4) | 157 | 157 | 157 | |
| | 中央省庁D | | 501 | 501 | 501 | |

注 1 : (　)表示のある科目は No.変更があったもの。(　) 内は開講した年度における No.

注 2 : 講師の実際の経験など実質的な背景により連携機関を分類

**表 7　所属機関別の講師構成**

| 分　類 | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | | 2008 | | 合計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 人数 | % | 人数 | % | 人数 | % | 人数 | % | 人数 | % | 人数 | % |
| 産業界･業界団体 | 43 | 43% | 160 | 42% | 165 | 37% | 149 | 33% | 101 | 29% | 618 | 36% |
| 専門機関・研究機関（国公立） | 16 | 16% | 50 | 13% | 87 | 19% | 127 | 28% | 103 | 30% | 383 | 22% |
| 専門機関・研究機関（民間） | 3 | 3% | 11 | 3% | 7 | 2% | 9 | 2% | 23 | 7% | 53 | 3% |
| 消費者団体・市民団体 | 1 | 1% | 32 | 9% | 31 | 7% | 29 | 6% | 18 | 5% | 111 | 6% |
| 大学・学協会 | 17 | 17% | 71 | 19% | 99 | 22% | 84 | 18% | 73 | 21% | 344 | 20% |
| 地方自治体･行政機関 | 10 | 10% | 22 | 6% | 30 | 7% | 37 | 8% | 14 | 4% | 113 | 7% |
| マスコミ | 3 | 3% | 6 | 2% | 5 | 1% | 5 | 1% | 6 | 2% | 25 | 1% |
| 個人・その他 | 8 | 8% | 26 | 7% | 25 | 6% | 19 | 4% | 6 | 2% | 84 | 5% |
| 合計 | 101 | 100% | 378 | 100% | 449 | 100% | 459 | 100% | 344 | 100% | 1731 | 100% |

注：講師の実際の経験など実質的な背景により分類

講者に小レポートの提出を求め、各講義の理解度の確認を行った。なお中間評価を踏まえて小レポートの課題については、到達レベルを客観的に確認することに資するよう配慮して課題を設定した。

小レポートの写しを講師に渡し、次回の講義の参考に活用した。

③ 受講者の講義アンケート

各講義の終りに、各講義についての評価アンケートを行った。各受講者が当日受けた講義に関して、(1)満足度、(2)理解度、(3)レベル、(4)講師の話の分り易さ、(5)教材の分り易さ、の五つの設問について、5 段階（5 がプラス方向、1 がマイナス方向）の選択式で評価し、自由記述欄も設けた。アンケート結果の写しを講師に渡し、次回以降の講義の改善に活用した。

さらに、広く使える教材の作成に資するため、そして受講者の予習、復習を支援するため、中間評価を踏まえて 2007 年度からは配布資料の事前とりまとめ及び科目概要と講義概要の策定を推進した。15 回の講義の実施後に取りまとめた科目を含め、資料集の配布を行ったが、受講者からは予習・復習などに便利であるとして好評であった。

(6) 科目の進め方

各科目について最終科目レポート課題を出題し、

15回の全講義終了後に受講者にレポートの提出を求めた。なお中間評価を踏まえて、到達レベルの客観的な評価に資するように配慮して課題を設定した。そして、出席状況と合わせ、受講修了証を授与するための成績評価の資料とした。加えて受講者および講師に科目アンケートを行った。

① 最終科目レポート

各科目のとりまとめ担当の講師から出題した課題に対し、15回の全講義終了後に受講者は最終科目レポートを提出した。最終科目レポートは、大学・大学院の成績評価に準じた採点基準に従って厳しく評価し、成績評価に活用した。

② 受講者の科目アンケート

各科目の受講者を対象に、最終講義の前後に各科目について受講者を対象に当該科目を受講するに至った背景、科目に対する評価や要望などについてアンケート調査を行った。そしてこれをもとに開講科目の評価を行い、科目内容の改善など、再教育講座の充実を図るための資料とした。

③ 講師の科目アンケート

各科目の終了時点に講師を対象に受講者の人数、受講者の理解度、受講者の意欲、社会人中心の講義の意義などについてアンケート調査を行った。結果は講義の改善に反映させ、また以降の公開講座の充実を図るための資料とした。

(7) <u>成績評価方法と評価基準</u>

開講した科目ごとに講師の協力を得て出席状況と最終科目レポートの採点に基づき成績評価を行うとともに、ライフワールド・ウオッチセンター長が評価の再確認をした受講者に対して、科目ごとに受講修了証を授与し、受講修了者名簿に登録した。

採点および成績評価は大学・大学院の方法に準拠して、次に示す基準に従って厳しく行った。なお 2006 年度の中間評価を踏まえて評価方法について推進委員会、評価委員会の場において再度検討を行ったが、既に大学・大学院の成績評価に準拠した厳格な評価方法を採用していることから、これまでとの継続性の維持の観点もあり、変更しないこととした。

採点は、出席点と最終科目レポートの採点の合計とし、出席点、レポート点それぞれ 50 点満点とし、合計を 100 点満点とする。

出席点は、全講義の 70%以上に出席した場合を 50 点で満点とし、それより少ない出席日数の場合は、欠席日数に応じて減点する。

レポートの採点は、レポートの内容を次の項目ごとに個別に評価して加点し､50 点を満点とする。

・講義内容の理解度Ａ（講義内容の主要項目の１番目）
・講義内容の理解度Ｂ（講義内容の主要項目の２番目）
・自らの考えの主張
・論理性
・特筆すべき点（熱意が感じられること、見るべき内容があることなど）

採点結果から、以下のように判定する。

A：100～80 点、B：79～70 点、C：69～60 点、D：59 点以下、X：履修放棄

なお、A の評価を得た者のうち、特に優秀な者を S とする。S の評価を得る者は科目全体の人数の 5%程度となることを目安に評価する。

S、A、B、C の判定を受けた受講者を合格とし、受講修了証を交付する。

採点は、原則としてレポートの課題を作成した科目担当の講師が行い、判定をライフワールド・ウオッチセンター長が確認した。

**2.2.4** 受講者の募集と選考

お茶の水女子大学のホームページに掲載して受講者の募集を行った。募集の広報にあたっては開講機関及び連携機関などの協力を得た。また中間評価を踏まえて、受講者が自己責任によって自由に科目選択を行うことに資するよう情報提供の充実を図った。

(1) <u>受講者の募集</u>

受講者の募集要領については次のとおりとし、お茶の水女子大学のホームページに募集案内を掲載した。受講意欲のある受講者を得るために、応募申込の際に申込者の応募動機の記載を求め、受講に向けての意欲、積極性、問題意識などについ

て確認した。

前期の受講者の募集に関しては当該暦年の 1 月から、後期の受講者の募集に関しては当該年度の 6 月から、それぞれ約 1 ヵ月～1 ヵ月半後を締切りとして募集を行ったが、教室の収容能力に余裕がある科目については、当初申込み締切り後も開講日の 2 週間前までの間、引き続き募集を継続した。2008 年度後期開講科目のうち 2 科目については、申込締切日前に応募者が教室の収容能力を超過したため、募集を中止してその旨をホームページに掲載し、教室の収容能力を超過した後の応募者に対しては受講できない旨の連絡をした。

| | |
|---|---|
| ・募集定員 | 各科目 30 名、ただし教室に余裕がある場合は、これより多くの受講者を受け入れた。（科目単位で募集し複数科目受講可、各科目は原則として 90 分講義 15 回で構成、講義単位の受講は不可） |
| ・受講料 | 無料 |
| ・応募資格 | 生活・社会と技術革新の相互作用や化学物質総合管理・生物総合管理に関心のある社会人（性別不問、学生、大学院生の聴講も可） |
| ・応募受付期間 | 応募開始から約 1 ヶ月半の間 |
| ・応募方法 | 原則としてメールで応募。郵送も可。 |
| ・応募申込書記入事項 | 応募科目名、科目 No.、氏名、年齢、自宅住所、自宅電話番号、所属、所属先住所、所属先電話番号、e-mail アドレス（選考結果通知用）のほか、応募動機を記した短文（200～400 字） |
| ・選考方法 | 応募人数が定員を超過した場合は次の基準を考慮して選考する。<br>1.申込日時の早い受講者を優先する。<br>2.同一組織・機関の受講者は人数を限定する。<br>3.応募動機などをもとに評価する。 |

⑵ 広報

お茶の水女子大学のホームページ（http:// www. lwwc.ocha.ac.jp/saikyouiku/）に科目内容、講師、講義概要、募集要項、応募申込書等を掲載し、受講者の募集、広報を行うとともに、学内にポスターを掲示した。ホームページへの掲載内容については、科目の趣旨、各講義の内容、担当する講師などについて詳しい情報を記載したシラバスを提供するとともに、再教育講座の計画と実績に関する情報なども掲載し、受講者が講義内容と講義の実績を十分理解した上で受講科目の選択ができるように努めた。

また、パンフレットを連携機関、学会、他大学、公立私立中学校・高等学校、地方自治体、生涯学習センター、保健所、衛生研究所、業界団体、東証上場主要企業などに送付した。

さらに、現在および過去の受講者や講師で構成する友の会、お茶の水女子大学メールマガジン OchaMail などにメールによる案内を行ったほか、連携機関や開講機関などのウェブサイトへの掲載、リンクを依頼した。その他、近隣駅構内や都立および区立図書館へポスターの掲示を依頼し、また新聞等や公開講座関連ウェブサイトなどへの掲載を行った。

なお、お茶の水女子大学学部生の単位対象科目については、学生の科目履修のためのガイドブックである学生便覧別冊「20 年度開講科目」や学内 WEB 上のシラバスに掲載し学内学生に広報を行った。

各年度 4 月から開講する科目は当該暦年の 1～2 月に募集を開始した。これに対応して各暦年の 1 月から本格的に広報を行った。

### 2.3 実施結果

#### 2.3.1 応募結果

2004 年度の応募者は 332 名、2005 年度は 1273 名、2006 年度は 1272 名、2007 年度は 1516 名、そして最終年度である 2008 年度は 1624 名で合計 6017 名の応募者があった。科目あたりの応募者は 2004 年度が 22 名、2005 年度が 23 名、2006 年度が 22 名、2007 年度が 28 名、2008 年度が 44 名と最終年度に向かって初期の 2 倍の水準に大きく増大した。これは開講機関や連携機関と協力した広報活動の効果であると同時に再教育講座が社会に次第に浸透して定着してきた成果でもある。学群ごとの年度別の応募者数及びそれぞれの 1 科目あ

表 8 学群ごとの年度別応募者数

| | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 化学物質総合評価管理学群 | 科目数 | 7 | 20 | 20 | 21 | 13 | 81 |
| | 応募者数 | 159 | 511 | 540 | 590 | 640 | 2440 |
| | 1科目当たり応募者数 | 23 | 26 | 27 | 28 | 49 | 30 |
| 生物総合評価管理学群 | 科目数 | 4 | 11 | 11 | 7 | 6 | 39 |
| | 応募者数 | 80 | 300 | 186 | 171 | 192 | 929 |
| | 1科目当たり応募者数 | 20 | 27 | 17 | 24 | 32 | 24 |
| 社会技術革新学群 | 科目数 | 3 | 12 | 15 | 11 | 8 | 49 |
| | 応募者数 | 58 | 250 | 251 | 351 | 438 | 1348 |
| | 1科目当たり応募者数 | 19 | 21 | 17 | 32 | 55 | 28 |
| 技術リスク学群 | 科目数 | | 5 | 3 | 5 | 5 | 18 |
| | 応募者数 | | 96 | 133 | 156 | 205 | 590 |
| | 1科目当たり応募者数 | | 19 | 44 | 31 | 41 | 33 |
| コミュニケーション学群 | 科目数 | 1 | 8 | 9 | 11 | 5 | 34 |
| | 応募者数 | 35 | 116 | 162 | 248 | 149 | 710 |
| | 1科目当たり応募者数 | 35 | 15 | 18 | 23 | 30 | 21 |
| 合計 | 科目数 | 15 | 56 | 58 | 55 | 37 | 221 |
| | 応募者数 | 332 | 1273 | 1272 | 1516 | 1624 | 6017 |
| | 1科目当たり応募者数 | 22 | 23 | 22 | 28 | 44 | 27 |

たりの平均人数を**表 8** に示す。

応募の内容を応募者の年齢分布、男女比、居住区域、継続受講比率、職業別などの視点で解析した結果を**図 3** に示す。応募の特徴の概略は次のとおりである。

1) 年齢が 30 歳代の応募者が 20%、40 歳代が 27%、50 歳代が 26%で合計が 72%であった。これに 20 歳代の 12%を加えると現役世代が 86%に達し、現役世代の強い支持を受けている。
2) 男性が 65%、女性が 35%であった。いわゆるカルチャーセンターとは逆転した男女比率の傾向を示している。
3) 居住区域から見ると、東京 23 区が 36%で、次いで神奈川県が 19%、埼玉県が 15%、千葉県が 12%、東京都下が 12%と続き、1 都 3 県で 94%に達した。また、北海道、宮城県、福岡県、熊本県、愛媛県、広島県、岡山県、兵庫県、大阪府、京都府、滋賀県、奈良県、福井県、富山県、三重県、岐阜県、愛知県、静岡県、長野県、山梨県など遠方からの受講者も 361 名にのぼり、再教育講座は全国的に認知され評価されている。
4) 応募者に占める過去受講回数 0 回の新規応募者の比率は 51%、一方 2 回目以上の継続応募者は 49%であった。新規応募者と継続応募者がそれぞれほぼ半数で均衡しており、受講者の講座に対する満足度が高く継続して受講する者が多数いる一方で、その評価が新たな応募者を増やす誘因ともなっている。
5) 応募者を職業別に見ると化学工業・石油製品製造が 22%と最も多く、製造業が全体で約 39%を占めているが、製造業以外では三次産業が 20%を占めた。それ以外の職業分野からの応募も多く、大学教授を含む学校教員及び研究機関の研究員が 13%、政府や地方自治体の公務員は 8%、学生・院生・研究員が 6%で、化学物質管理に直接係わる製造業が多い一方で、多様な背景を持つ者が広く応募している。

**2.3.2 受講者の選考**

受講申込みに記載された応募動機を評価すると熱心な姿勢がうかがわれ、受講が不適切と判断される応募者は少なく、同一企業や団体からの応募者も部署が異なる場合が多かったので、2008 度前期までは応募者全員に受講を認めた。2008 年度後期は、定員を超過し、かつ教室の収容能力の限界を超えた科目が 2 科目あったため、2.2.4 項の基準により選考した上で、先着順（e-mail 受信日時）に受講を認めた。

**2004年度～2008年度応募者の属性**

1．年齢分布

| 区分 | 人数 | (%) | 小計 |
|---|---|---|---|
| ～19 | 46 | 0.8% | |
| 20～29 | 734 | 12.3% | 現役世代 |
| 30～39 | 1199 | 20.2% | 5086 |
| 40～49 | 1591 | 26.7% | 85.5% |
| 50～59 | 1562 | 26.3% | |
| 60～69 | 691 | 11.6% | |
| 70～79 | 111 | 1.9% | |
| 80～ | 16 | 0.3% | |
| 無回答 | 67 | – | |
| 合計 | 6017 | 100.0% | |

2.男女比（性別）

| 区分 | | |
|---|---|---|
| 男性 | 3905 | 64.9% |
| 女性 | 2112 | 35.1% |
| 合計 | 6017 | 100.0% |

3．居住区域別

| 区分 | 人数 | (%) | 小計 |
|---|---|---|---|
| 東京23区 | 2131 | 36.2% | |
| 神奈川県 | 1087 | 18.5% | 1都3県 |
| 埼玉県 | 863 | 14.7% | 5521 |
| 千葉県 | 724 | 12.3% | 93.9% |
| 都下 | 716 | 12.2% | |
| 茨城県 | 136 | 2.3% | |
| 栃木県 | 55 | 0.9% | |
| 群馬県 | 42 | 0.7% | |
| 福井県 | 17 | 0.3% | |
| 静岡県 | 17 | 0.3% | |
| 宮城県 | 7 | 0.1% | |
| 三重県 | 8 | 0.1% | |
| 愛知県 | 8 | 0.1% | |
| 福岡県 | 7 | 0.1% | その他の地域 |
| 北海道 | 6 | 0.1% | 361 |
| 滋賀県 | 5 | 0.1% | 6.1% |
| 長野県 | 9 | 0.2% | |
| 奈良県 | 5 | 0.1% | |
| 京都府 | 4 | 0.1% | |
| 愛媛県 | 3 | 0.1% | |
| 岡山県 | 3 | 0.1% | |
| 岐阜県 | 3 | 0.1% | |
| 山梨県 | 7 | 0.1% | |
| 大阪府 | 12 | 0.2% | |
| 兵庫県 | 4 | 0.1% | |
| 富山県 | 1 | 0.0% | |
| 広島県 | 1 | 0.0% | |
| 熊本県 | 1 | 0.0% | |
| 無回答 | 135 | – | |
| 合計 | 6017 | 100.0% | |

4．職業別（業種別）

| 区分 | 人数 | (%) | 小計 |
|---|---|---|---|
| 1. 土木・建設 | 97 | 1.7% | |
| 2. 食料品製造 | 231 | 4.1% | 製 |
| 3. 繊維・繊維製品製造 | 18 | 0.3% | 造 |
| 4. 化学工業・石油製品製造（製薬 | 1240 | 22.1% | 業 |
| 5. ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ・ｺﾞﾑ製品製造 | 40 | 0.7% | 2183 |
| 6. 窯業・土石製品製造 | 50 | 0.9% | 38.9% |
| 7. 鉄鋼業 | 15 | 0.3% | |
| 8. 非鉄金属製造 | 26 | 0.5% | |
| 9. 金属製品製造 | 4 | 0.1% | |
| 10.一般機械器具製造 | 46 | 0.8% | |
| 11.電気機械器具製造 | 251 | 4.5% | |
| 12.輸送用機械器具製造 | 42 | 0.7% | |
| 13.精密機械器具製造 | 71 | 1.3% | |
| 14.その他の製造業 | 149 | 2.7% | |
| 15.出版・印刷関連 | 107 | 1.9% | 三 |
| 16.電気・ｶﾞｽ・水道 | 25 | 0.4% | 次 |
| 17.運輸・通信 | 24 | 0.4% | 産 |
| 18.卸売・小売・飲食店（生協含） | 158 | 2.8% | 業 |
| 19.金融・保険 | 53 | 0.9% | 1138 |
| 20.情報ｻｰﾋﾞｽ・情報処理 | 143 | 2.5% | 20.3% |
| 21.専門ｻｰﾋﾞｽ・ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ | 628 | 11.2% | |
| 22.民間研究機関 | 187 | 3.3% | 研究 |
| 23.公的研究機関 | 222 | 4.0% | 7.3% |
| 24.教員（公立の小、中、高） | 197 | 3.5% | 教 |
| 25.教員（私立の小、中、高） | 20 | 0.4% | 員 |
| 26.教員（公立の、短大、高専、大 | 34 | 0.6% | 344 |
| 27.教員（私立の、短大、大学、各 | 93 | 1.7% | 6.1% |
| 28.公務員（行政関係） | 305 | 5.4% | 公務員 |
| 29.その他公務員（保健所含） | 142 | 2.5% | 447：8.0% |
| 30. NGO，NPO | 177 | 3.2% | その他 |
| 31. その他（業界協会含） | 312 | 5.6% | 678 |
| 32.無職 | 189 | 3.4% | 12.1% |
| 33.高校生 | 9 | 0.2% | |
| 34.大学学部生 | 164 | 2.9% | 学生 |
| 35.大学院生 | 92 | 1.6% | 320 |
| 36.大学研究職 | 55 | 1.0% | 5.7% |
| 無回答 | 401 | – | |
| 合計 | 6017 | 100.0% | |

5．講座を知った情報源（06-08）

| 区分 | 人数 | (%) | 小計 |
|---|---|---|---|
| 1.お茶大HP | 1186 | 29.3% | 電子媒体 |
| 2．その他の機関のHP | 463 | 11.4% | 2269 |
| 3.メール | 620 | 15.3% | 56.0% |
| 4.新聞雑誌 | 89 | 2.2% | 既存ﾒﾃﾞｨｱ |
| 5.パンフレット、ポスター | 525 | 13.0% | 614：15.2% |
| 6.口コミ | 498 | 12.3% | 人・人 |
| 7.上司あるいは教育部門の指示 | 328 | 8.1% | 811：20.4% |
| 8.その他 | 344 | 8.5% | |
| 無回答 | 1964 | – | |
| 合計 | 6017 | 100.0% | |

6．継続受講の割合（06-08）

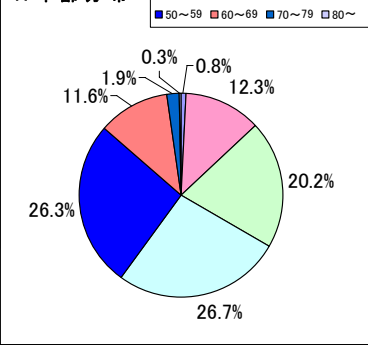
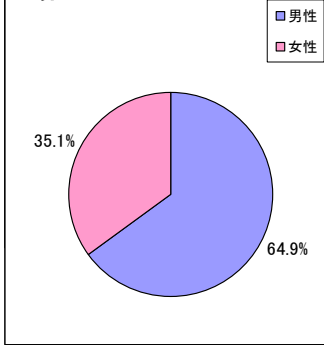
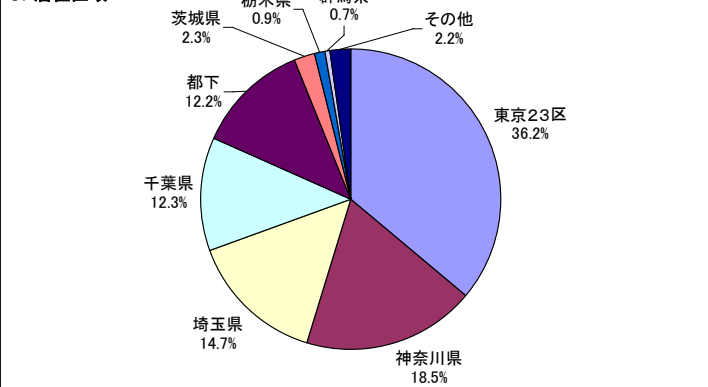
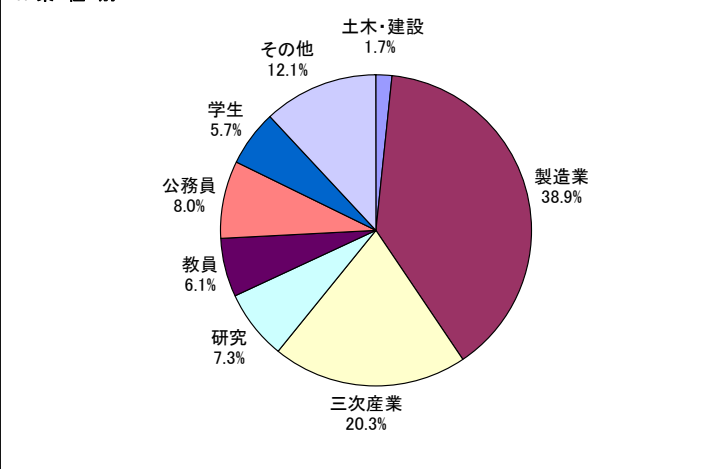
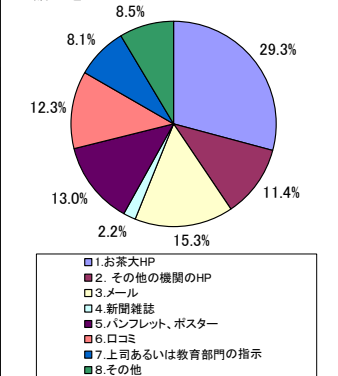
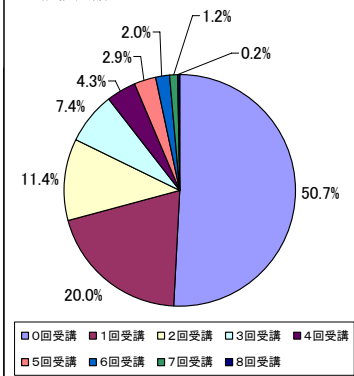
| 区分 | 人数 | (%) |
|---|---|---|
| 0回受講 | 2159 | 50.7% |
| 1回受講 | 853 | 20.0% |
| 2回受講 | 483 | 11.4% |
| 3回受講 | 313 | 7.4% |
| 4回受講 | 181 | 4.3% |
| 5回受講 | 123 | 2.9% |
| 6回受講 | 85 | 2.0% |
| 7回受講 | 51 | 1.2% |
| 8回受講 | 7 | 0.2% |
| 無回答 | 1762 | – |
| 合計 | 6017 | 100.0% |



図３　応募の概要

表 9　年度別の受講者数

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 受講者数 | 332 | 1273 | 1272 | 1516 | 1564 | 5957 |
| 科目当たり受講者数 | 22 | 23 | 22 | 28 | 42 | 27 |

表 10　新聞・学会誌等の報道・掲載件数(暦年)

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 新聞・雑誌・学会誌 | 6 | 11 | 8 | 10 | 7 | 42 |
| 関係機関の雑誌・ニュースレター | 0 | 1 | 0 | 4 | 6 | 11 |
| HPへの掲載 | 0 | 0 | 0 | 4 | 15 | 19 |
| その他 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 8 |
| 合計 | 6 | 12 | 8 | 20 | 34 | 80 |

注： お茶の水女子大学によるホームページ掲載やメール配信、リーフレット配布やポスター掲示を除く、新聞や雑誌による記事掲載そして他の機関によるホームページ掲載やメール配信のなどの件数

年度別の受講者数を**表 9** に示す。

2004 年度の受講者は 332 名、2005 年度は 1273 名、2006 年度は 1272 名、2007 年度は 1516 名、そして最終年度である 2008 年度は 1564 名で合計 5957 名の受講者であった。科目あたりの受講者は 2004 年度が 22 名、2005 年度が 23 名、2006 年度が 22 名、2007 年度が 28 名、2008 年度が 42 名であり、最終年度に向かって初期の 2 倍の水準に大きく増大した。

再教育講座が社会に浸透してきたこと、広報活動を拡充したことなどが増員の誘因であるが、何よりも大きな要因は再教育講座の高い評価が社会に広まりつつあることである。

**2.3.3**　広報の状況

再教育講座に関係する新聞や雑誌の記事やホームページへの掲載などの件数を暦年ごとに整理すると**表 10** のとおりである。2007 年度と 2008 年度に報道・掲載の件数が大きく増加した。

これは、再教育講座の社会における知名度が次第に増していることを示しているとともに、開講機関や連携機関との協力関係の深化により社会への情報提供の機会が増大していることを意味している。再教育講座の広報は当初リーフレットの配布やポスターの掲示といった方法から始まったが、その後このように広報の幅も広がり多様化した。これが応募者が講座を知った情報源の多様化、ひいては 2007 年度と 2008 年度の応募者の大幅な増加に繋がった。

**2.3.4**　講義実施と成績評価

(1) 講義の実施状況

① 講義実施の準備と支援

配布資料を資料集としてとりまとめた科目については、講義資料を事前または講義初日に配布した。それ以外については開講機関の事務局が講義の 1 週間前を目安に講師から講義に使う資料（パワーポイント・ファイル、OHP など）を入手し、配布資料を用意した。講義当日は教室に PC／プロジェクターおよびスクリーンを設置して講義が円滑に開始できるように準備するとともに、受講者から小レポートおよび講義の評価アンケートを回収するなど必要に応じて講義進行の支援を行った。また、講義欠席者への資料の配布や補講の実施、さらに緊急時の連絡なども行った。

② 受講者の出席状況

講師の急病などによって休講となった一部の例外を除き、講義計画どおりに進めることができた。科目によっては、受講者同士、受講者と講師あるいは事務局との意見交換を目的として講義後に意見交換会を開いたが、総じて好評であった。

なお休講科目については、当該休講日を全員出席として扱った。講師の急病により 5 講義が休講となった科目については、推進委員会の審議を経

表 11　受講者の出席率

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 化学物質総合評価管理学群 | 77% | 63% | 60% | 61% | 63% | 65% |
| 生物総合評価管理学群 | 66% | 61% | 66% | 60% | 65% | 64% |
| 社会技術革新学群 | 54% | 57% | 54% | 52% | 51% | 54% |
| 技術リスク学群 | — | 66% | 67% | 59% | 63% | 64% |
| コミュニケーション学群 | 52% | 60% | 60% | 55% | 46% | 55% |
| 全学群 | 68% | 61% | 60% | 58% | 58% | 61% |

表 12　年度別の修了者数と修了率

| | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 化学物質総合評価管理学群 | 修了者数 | 130 | 317 | 319 | 328 | 361 | 1456 |
| | 修了率 | 82% | 62% | 59% | 56% | 59% | 60% |
| 生物総合評価管理学群 | 修了者数 | 56 | 177 | 111 | 95 | 122 | 560 |
| | 修了率 | 70% | 59% | 59% | 56% | 64% | 60% |
| 社会技術革新学群 | 修了者数 | 30 | 141 | 130 | 164 | 198 | 663 |
| | 修了率 | 52% | 56% | 52% | 47% | 45% | 49% |
| 技術リスク学群 | 修了者数 | | 57 | 67 | 70 | 93 | 287 |
| | 修了率 | | 59% | 50% | 45% | 53% | 51% |
| コミュニケーション学群 | 修了者数 | 18 | 64 | 88 | 113 | 58 | 341 |
| | 修了率 | 51% | 55% | 54% | 46% | 39% | 48% |
| 全学群 | 修了者数 | 234 | 756 | 715 | 770 | 832 | 3307 |
| | 修了率 | 70% | 59% | 56% | 51% | 53% | 56% |
| 科目あたりの修了者数 | | 16 | 14 | 12 | 14 | 22 | 15 |

て評価基準を調整し、10 回を出席率 100%として出席点を判定した。

出席率の低下の大きな要因として転勤などの事情があげられる中で、化学生物総合評価管理学群や生物総合評価管理学群などは相対的に高い出席率が維持され、全体の出席率も約 60%であった。社会人にとって長期にわたって定期的に15回出席することは大きな負担であり、この出席率は評価できる。学群別の受講者の出席状況を**表11**に示す。

(2) <u>成績評価と受講修了証の交付</u>

開講科目ごとに受講者の出席状況と最終科目レポートに基づき、大学・大学院の成績評価に準拠した基準に従った厳しい評価を行い、所定の成績を修めた者に対して受講修了証を授与した。学群ごとの修了者数と修了率を**表 12** に示す。2004 年度の修了者は 234 名、2005 年度は 756 名、2006 年度は 715 名、2007 年度は 770 名、そして最終年度である 2008 年度は 832 名で合計 3307 名の修了者があった。科目あたりの修了者は 2004 年度が 16 名、2005 年度が 14 名、2006 年度が 12 名、2007 年度が 14 名、2008 年度が 22 名であり、最終年度は大きく増大した。

修了し得なかった大部分の要因が出席率である。社会人が 15 回定期的に出席することの困難性を考えると、全ての年度で 50%以上の受講者が修了していることは評価できる。また学群による差については、化学物質総合評価管理学群と生物総合評価管理学群において修了率が高い傾向があり、60%以上の修了率であった。

複数科目を受講している受講者も多く、同じ科目の重複修了を 1 科目のみ修了とみなしても、学校教育法にもとづく履修証明書の交付に必要な科目数に相当する 4 科目以上を修了した者が 220 名、さらに大学院修士課程の修了に必要な講義数に相当する 10 科目以上を修了した者が 47 名となった。再教育講座は幅広い教養教育の場としてのみならず、専門的な教育の場としても評価されている。修了科目数別の累積修了者数を**表 13** に示す。

**2.3.5　講座に対する評価**

評価委員会による評価のみならず、活動の現場

**表 13　修了科目数ごとの修了者数**

| 修了科目数 | 修了者数 | 修了科目数 | 修了者数 |
|---|---|---|---|
| 1 科目以上 | 1319 | 7 科目以上 | 95 |
| 2 科目以上 | 604 | 8 科目以上 | 70 |
| 3 科目以上 | 324 | 9 科目以上 | 57 |
| 4 科目以上 | 220 | 10 科目以上 | 47 |
| 5 科目以上 | 163 | 11 科目以上 | 39 |
| 6 科目以上 | 117 | | |

同じ科目の重複修了は 1 科目のみ修了とみなす。

**表 14　講義アンケート(小レポートアンケート)の結果**

| | 講義の満足度 | 講義の理解度 | 講義のレベル | 講師の話の分かり易さ | 教材の分かり易さ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2004 後期 | 4.2 | 4.2 | 3.7 | 4.2 | 4.0 |
| 2005 前期 | 4.0 | 4.1 | 3.6 | 4.1 | 3.9 |
| 2005 後期 | 4.0 | 4.0 | 3.6 | 4.0 | 3.8 |
| 2006 前期 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 4.0 | 3.8 |
| 2006 後期 | 4.1 | 4.0 | 3.5 | 4.0 | 3.9 |
| 2007 前期 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 4.0 | 3.8 |
| 2007 後期 | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 4.0 | 3.8 |
| 2008 前期 | 4.1 | 4.0 | 3.6 | 4.0 | 3.9 |
| 2008 後期 | 4.0 | 3.9 | 3.6 | 3.9 | 3.8 |

における直接的な関係者である受講者と講師による日常的な評価を重視した。このため受講者に対して 15 回の講義の終了時及び科目の終了後に評価のための調査を行った。また、講師に対しても科目終了後に評価のための調査を行った。さらに 2006 年度の中間評価を踏まえて追跡調査を実施した。

(1) 受講者による講義評価

各講義の終わりに小レポートと合わせて行った受講者による講義に関するアンケートの結果を**表 14** に示す。

講義の満足度、講義の理解度ともに概ね 4 以上の高い評価を得ている。なお講義のレベルについては、最高点である５は難しすぎる(高すぎる)ことを示しており、普通からやや高いに相当する 3.5 程度は、科目の水準の設定が適切であることを示している。

(2) 受講者による科目評価

科目終了後に行った受講者による科目評価のアンケートの集計結果の概要を**表 15～18** に示す。なお 2006 年度までは科目ごとに受講者に調査をしたため複数科目の受講者には受講科目数分のアンケートを配布し、2007 年度以降は受講者ごとに配布して複数科目を受講した受講者には科目に関する項目に関してのみそれぞれ別に回答する方法に変更した。

受講した科目全体についての受講者の満足度や講義内容の理解度はいずれの年度も 80%前後と高い水準である。最終的な総合評価といえる「来年度も受講したい」や「他者に紹介したい」に対する回答はいずれの年度とも 95%近い極めて高い評価である。

再教育講座は各人の多様な必要に応えて受講者から良好な評価を得ており、これが複数科目の受講や継続的な受講という傾向につながっている。

また人から人への情報伝達による新規応募者の増大の大きな要因となっている。

(3) 講師による科目評価

科目終了後に行った講師による科目評価のアンケート集計結果の概要を**表 19～22** に示す。

なお、担当した講義の数にかかわらず、原則として各年度前期と後期の別に講師あたり 1 通のアンケートを依頼した。

受講者の態度について、「非常に良かった」と「良

［受講者アンケート］

表 15　科目の満足度

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 非常に満足 | 33% | 27% | 26% | 32% | 37% |
| 概ね満足 | 51% | 55% | 58% | 52% | 50% |
| 普通 | 16% | 15% | 15% | 10% | 9% |
| 不満足 | 1% | 3% | 1% | 4% | 4% |
| 極めて不満足 | 0% | 1% | 0% | 2% | 0% |

表 16　講義内容の理解度

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 良く理解できた | 26% | 17% | 20% | 22% | 24% |
| 概ね理解できた | 61% | 62% | 67% | 61% | 58% |
| 半分くらいは理解できた | 11% | 19% | 12% | 15% | 17% |
| あまり理解できなかった | 1% | 3% | 2% | 2% | 2% |
| 全く理解できなかった | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

表 17　来年度の受講希望

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 来年度も受講したい | 95% | 94% | 95% | 93% | 93% |
| 来年度は受講したくない | 5% | 6% | 5% | 7% | 7% |

表 18　再教育講座の他者への紹介

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 他者に紹介したいと思う | 96% | 95% | 95% | 96% | 95% |
| 他者に紹介したいと思わない | 4% | 5% | 5% | 4% | 5% |

［講師アンケート］

表 19　受講者の受講態度

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 非常に良かった | 41% | 31% | 27% | 28% | 30% |
| 良かった | 50% | 56% | 58% | 55% | 59% |
| 普通 | 9% | 12% | 14% | 17% | 10% |
| 悪かった | 0% | 1% | 0% | 0% | 1% |
| 非常に悪かった | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

表 20　受講者の受講意欲

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 意欲が感じられた | 57% | 46% | 47% | 54% | 53% |
| どちらかといえば意欲が感じられた | 29% | 42% | 40% | 32% | 36% |
| 普通 | 11% | 12% | 10% | 14% | 9% |
| どちらかといえば意欲が感じられなかった | 4% | 0% | 3% | 1% | 2% |
| 意欲が感じられなかった | 0% | 0..3% | 0% | 0% | 0% |

表 21　受講者の講義内容の理解度

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 良く理解したと思う | 29% | 27% | 27% | 22% | 31% |
| どちらかと言えば理解したと思う | 66% | 67% | 68% | 74% | 67% |
| どちらかと言えば理解していないと思う | 1% | 4% | 4% | 2% | 2% |
| 全く理解していないと思う | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 理解したかどうか判断できない | 3% | 2% | 1% | 2% | 0% |

表 22　講義の満足度

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| 満足 | 16% | 10% | 16% | 16% | 15% |
| どちらかといえば満足 | 52% | 49% | 43% | 47% | 52% |
| 普通 | 28% | 32% | 29% | 25% | 24% |
| どちらかといえば不満足 | 4% | 8% | 11% | 11% | 8% |
| 不満足 | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% |

かった」の割合が 2004 年度は 91%、2005 年度は 87%、2006 年度は 85%、2007 年度は 83%、2008 年度は 89%と全体的に約 8〜9 割に達している。これらは、同様に高い評価を示している受講者の高い意欲に支えられており、講師陣もこの点を高く評価している。満足できる講義ができたかという設問には、「不満足」と「どちらかといえば不満足」と評価した率は、2004 年度は 4%、2005 年度は 8%、2006 年度は 12%、2007 年度は 12%、2008 年度は 9%といずれも極めて低い値となっており、各講師が、自らの講義内容を厳しく評価する傾向がうかがえるものの、全体としては高い満足度を示している。

(4) 評価委員会による中間評価

2005 年度から設置した評価委員会は、2004 年度、2005 年度の講座の実施状況および成果を踏まえて、2006 年度に中立的な立場から中間評価を行い、当初目標に対する達成度や受講者や講師の評価が良好であると評価した。またそれまでに示された受講者や講師の特性や評価の結果を活かしながら、広範な知識を備え社会においてそれぞれの立場で役割を果たす人材を育成することを目指して、四つの基本方針のもとに再教育講座を推進することを確認した。（この評価報告書は、(独)科学技術振興機構（JST）のサイトから入手可能。）
http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20041530/2006/200415302006rr.pdf）

中間評価の要旨は次のとおりである。

①養成人数の目標と実績

応募者の選考の結果、受講者は 2 年度目末で既に合計 1605 名に達しており、3 年度目の末（2006 年度末）には合計 3000 名近くに達する見込みである。また、成績評価の結果、受講修了証を交付した修了者は、2 年度目の末までに既に 990 名であり、3 年度目の末までに 1500 名に達する見込みである。これは、当初目指した 3 年度目末で 100 名という目標を大幅に上回る結果である。受講者数と修了者数が当初予定を大きく上回り多数に及んだことは、再教育に対する社会の需要が高く、かつ再教育講座の意義が認められ、その内容と実施方法が高く評価されたことの現れである。

②養成人数以外の目標と実績

応募状況や受講者と講師の評価などを解析すると、総合的な学習の機会を提供するという目的と実践的な学習の機会を提供するという目標が妥当であったことを示している。また、十分な情報提供と受講者の自由な科目選択という手法も有効に機能している。

(a) 総合的教育体系の構築

再教育講座では、多様な背景を有する受講者に対して広範な社会的なニーズに応える実践的かつ総合的な学習の機会を提供することを目的と目標にしているが、以下に述べるとおり、この目的や目標は充分に達せられている。

＜多数の受講者の参加＞

2005 年度は合計 1273 名の多数の受講者の参加を得た。そして、これは増加傾向にある。これは、化学物質や生物のもたらすリスクの評価や管理に関する関心の高まり、そして再教育講座が取り上げる分野に対する社会的な必要性の高まりを示すとともに、再教育講座がこのような社会的要請に的確に応えていることを示している。

＜現役世代の支持＞

受講者の年齢構成は 30 歳代、40 歳代、50 歳代がいずれも 1/4 程度を占め、これに 20 歳代を加えると現役世代が 90%近くに達する。職業別に見ると化学工業・石油製品製造が約 1/4 を占めて最も多く、製造業全体で 4 割近くを占める。一方、製造業以外では「情報関連、コンサルタント、研究機関」のほか、国公私立の教員、政府・地方自治体の公務員がそれぞれ 10%強を占め、学生・研究員も約 5%となっており、多様な分野への広がりを見せている。

再教育講座は広範な分野の第一線で活躍する現役世代の強い支持を受けており、これは再教育講座のカリキュラム体系と実践的な内容そして経験者を基本とする講師陣が評価されていることを示している。

＜地域的広がり＞

受講者の居住区域を見ると、首都圏 1 都 3 県で全体の 9 割以上を占めるのは当然としても、茨城、栃木、群馬、福島、静岡、岐阜、三重、奈良、宮

城、福岡などの遠方からの受講者も多い。このことは、この分野について全国的に存在する社会的ニーズに的確に応えることによって、再教育講座の意義と有用性・有効性が全国的に認知されていることを示している。

＜継続受講者の増大＞

2005 年度前期受講者のうち後期も含めて通年で受講する者が 47%と多い。これは単発の興味本位の受講ではなく継続的に学ぼうという真剣な受講者が多いことを示しているとともに、再教育講座に対する満足度が高いことを示している。

このような受講者の参加状況から判断して、再教育講座は受講者の学習ニーズや社会の要請に充分に応えることができている。

(b). 多様な受講者のニーズに応える方法の構築

毎回の講義ごと、そして科目終了時などに受講者及び講師に対して調査を実施し、再教育講座の改善のために常時状況を把握している。

そうした調査によれば、職業人あるいは生活者として、自発的に受講者本人が目的意識を持って受講している。一方、小レポートと講義アンケートの活用などにより、受講者の理解度を高めるための講師の努力やカリキュラムの構成と科目水準の改善などが恒常的に行われている。その結果、8 割を超える受講者が受講科目に満足している。また、現役世代から見ても、再教育講座は「職業に役立つ」のみならず「教養を高める」として、高い評価を得ている。これが 9 割以上という極めて高い割合の受講者の「来年度も受講したい」、あるいは「他者に紹介したい」という意識につながっている。

こうした高い評価は、再教育講座の総合的な科目構成や講座内容などが受講者の学習ニーズに沿っているのみならず、事前に講座について十分な情報を提供しつつ受講者の自由な科目選択を重視し尊重するという手法が妥当であることを示している。

(5) <u>文部科学省・科学技術振興機構による評価</u>

2006 年度の評価委員会による評価を踏まえて、文部科学省および独立行政法人科学技術振興機構（JST）による中間評価が行われ、目標達成度、人材養成手法の妥当性、人材養成の有効性、実施計画・実施体制及び継続性・発展性の見直し、そして今後の進め方などの視点から評価がなされた。（この中間評価結果は、(独)科学技術振興機構（JST）のサイトから入手可能 http://scfdb.tokyo.jst.go.jp/pdf/20041530/2006/20041530 2006er.pdf）

この中間評価では、「化学物質や生物の総合管理について、人材を広く養成しこの分野の底上げを図るという明確な目的のもと、総合的な学習の機会の提供を重視し、当初計画時に設定されていた被養成者の到達レベル目標などに基づく養成手法から、受講者が科目を自由に選択できるカリキュラムに基づく手法に変更し柔軟化を図ったことは、妥当であると判断される。結果的に、当初計画で掲げていた養成人数目標を大幅に超える修了者を輩出していることは、高く評価されるものである。」との評価がなされた。

その結果、評価委員会で確認された基本的考え方があらためて了承され、再教育講座が専門的な人材の育成に資するのみならず、高い水準の教養教育に資する活動であることが認知された。

そして次のような指摘がなされたが、総体として優れた成果が期待できる取組みであり、計画を継続するべきであるという趣旨の高い評価がなされ、将来の展開に期待が示された。

1. 幅広い社会人の学ぼうとする意欲に対して機会を提供している点は社会人再教育として妥当であり、目標を大幅に超える人材を輩出しており順調に進捗していると判断される。
2. 総合的な学習機会の提供、自由な科目選択、多様な分野の専門家を外部から招聘し充実した科目群を揃えたカリキュラムを提供している点など評価できる。また受講者の満足度が高く、養成手法は妥当である。
3. 化学物質や生物の総合管理について広く人材を養成することは当該分野の底上げに貢献するものであり、社会的ニーズに整合しているものと判断でき有効性は評価できる。
4. 今後の展開として、①お茶の水女子大学における本来業務として位置づけることを含め将来計

画の具体化、②履修モデルの提示、③受講者ネットワークの形成と追跡評価、④他所で利用可能な教材作成などが期待される。

(6) 社会による評価

最終年度である 2008 年度に、5 年間の活動の総括を行うとともに将来展開について議論するためにシンポジウムを開催した。これによって 5 年間の活動の状況を広く社会に公開し、幅広い社会の人々による評価を受けることができた。シンポジウムの概要は下記のとおりである。

趣旨；「化学・生物総合管理の再教育講座」の 5 年間の活動の総括と将来の展望についての討議

日時；2009 年 3 月 2 日 13：00～20：00

場所；学術総合センター

参加者； 5 年間の講師と受講者、推進委員、評価委員、開講機関・連携機関の関係者、大学、企業、専門機関、NGO、官公庁などの関係者、社会人教育に関心のある一般の参加者

プログラム

基調報告

感謝状贈呈

開講機関報告

名古屋市立大学 学びなおし支援センター

東京工業大学 社会人教育院

労働科学研究所 人材養成センター

早稲田大学 規範科学総合研究所

福山大学 宮地茂記念館

お茶の水女子大学ライフワールド･ウオッチセンター（増田研究室）

産業医科大学 産業保健学部

製品評価技術基盤機構(NITE)／主婦連合会／NPO 法人関西消費者連合会

物質・材料研究機構(NIMS)

新エネルギー･産業技術総合開発機構(NEDO)

明治大学 大学院理工学研究科新領域創造専攻／リバティ･アカデミー

化学工学会シニアケミカルエンジニアズ・ネットワーク(SCE･Net)

産業技術総合研究所(AIST)

農業生物資源研究所(NIAS)

食品薬品安全センター／主婦連合会（主婦連）

(7) 追跡調査

2005 年度には 2004 年度後期の受講者および 2005 年度前期の受講者に対して、2007 年度にはそれまでの全受講者に対して中間追跡調査を行った。さらに再教育講座の全科目の終了後の 2009 年 2 月に、5 年間の全受講者に対して友の会のネットワークを活用して最終追跡調査を行った。

① 中間追跡調査

2005 年度の調査で、受講修了後に講義で得た知識が生活もしくは仕事に具体的に役立ったか否かを調べたところ、「役立ったものがある」との回答が 87%と高い水準にのぼった。受講を終了し実社会で活動する者から再教育講座の有効性と有用性は高く評価されている。「役立ったものがある」との回答のうち、「職業人」という立場の受講者からは、「問題意識が明確になり、視野が広がって仕事が円滑に進むようになった」が 37%、「学んだ知識が研究・開発・管理等の仕事に直接役に立った」が 35%などの回答があった。また、「生活者・市民」という立場の受講者からは、「広い知識を身につけて、社会の事象を客観的に見られるようになった」が 38%、「問題意識が明確になり、新たな勉学の意欲がわいた」が 33%などの回答があった。いずれも再教育講座が視野の拡大に有効であり、かつ体系的な理解に役立っていることを示唆している。

また、2007 年度の調査では、再教育講座を受講したことがその後どのような点で役立ったかについて調査した。その結果、業務の実施･改善が 38%、研修教育の実施と改善が 17%で合計 55%に達し、再教育講座が企業などの組織にとって役立っていることを示している(**表 23**)。一方で、キャリアアップの 17%につづいて受講修了証を組織に提出したり、資格･免許の取得に活かしたり、あるいは自らの諸々の活動に活用したなど個人として役立った割合が合計 31%に達した。また、ほぼ全員が再教育講座の発展的な継続を求め、加えて多くの者から自発的にこの講座の運営などに参画して協力するとの意向が示された。

② 最終追跡調査（**表 24**）

417 名の多数の受講者から回答があり、再教育講座を受講したことが活かされたと回答したも

**表 23　受講成果の活用状況（2007 年度中間追跡調査）**

| 受講が役に立った事項 | 割合 | |
|---|---|---|
| 業務の実施・改善 | 38% | 職場で役立った<br>55% |
| 研修・教育の実施・改善 | 17% | |
| キャリアアップ | 17% | 個人として役立った<br>31% |
| 受講終了証を組織に提出 | 5% | |
| 資格・免許の取得 | 2% | |
| 研究会・ボランティア活動の設立・運営 | 3% | |
| 執筆や講演などの活動の実施・改善 | 4% | |
| その他 | 14% | その他 14% |
| 合計 | 100% | 100% |

**表 24　受講成果の活用状況（2008 年度最終追跡調査）**

| 受講が役に立った事項 | 割合 | |
|---|---|---|
| 業務の実施、改善 | 39% | 職場で役立った<br>52% |
| 研修、教育の実施、改善 | 13% | |
| 受講修了証を所属組織に提出 | 3% | 個人として役立った<br>41% |
| 上司または担当部局からの指示で受講し、結果を報告した | 4% | |
| キャリアアップ | 21% | |
| 資格、免許の取得 | 2% | |
| 研究会、ボランティア活動グループの設立、運営 | 3% | |
| 委員などの就任または応募 | 2% | |
| 執筆や講演などの活動の実施、改善 | 7% | |
| その他 | 7% | その他 7% |
| 合計 | 100% | 100% |

のが 96%にのぼった。またどのような点で役立ったかについては、業務の実施と改善が 39%、研修教育の実施と改善が 13%で合計 52%であった。

一方でキャリアアップの 21%につづいて受講修了証を組織に提出したり、上司や担当部局からの指示で受講して結果を報告したり、資格や免許の取得に活用したり、あるいは自らの諸々の活動に活用した場合など個人として活かした場合が合計 41%に達した。

あわせて、ほぼ全員がその発展的な継続を求め、回答者の 1/3 以上の多くの者が自発的にこの講座の運営などに参画して協力するとの意向を示した。参画の内容は、事務局業務や広報、企画のほか、資金の提供や開催場所の提供の意向などもあった。

このように最終追跡調査においても再教育講座は総合的かつ体系的に学びうる他に例のない機会として多様な形で有効に機能し、2009 年度以降の活動の展開に対して強い期待があることが確認できた。

### 2.4 改善と改革

#### 2.4.1 評価結果の活用による改革

再教育講座においては受講者、講師そして評価委員会などの評価を受けながら恒常的に改善を図ってきているが、2006 年度の中間評価結果を踏まえて、2007 年度以降は次のように一層の改善を図った。

(1) 運営体制の強化

連携機関との協力体制を強化するため、事務局の体制を変革し連携機関との情報交換や意見交換の密度を高めた。

新たに開講機関を設定して講義の実施体制を充実した。さらに広報活動や募集活動などにおいても開講機関の役割を強化した。

ホームページの相互リンク、メーリングリストの活用、プレス発表の実施など開講機関や連携機関との協力体制を深化した。

友の会を再検証するとともに情報交換の密度を高めた。また、受講の成果、将来展開のあり方、そしてこの活動への自発的な参加意思などの追跡調査を通して、友の会の活動を活性化した。

表 25　所要経費の推移

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 科目数 | 15 | 56 | 58 | 55 | 37 | 221 |
| 応募者数 | 332 | 1273 | 1272 | 1516 | 1624 | 6017 |
| 1 科目当たり | 22 | 23 | 22 | 28 | 44 | 27 |
| 受講者数 | 332 | 1273 | 1272 | 1516 | 1564 | 5957 |
| 1 科目当たり | 22 | 23 | 22 | 28 | 42 | 27 |
| 修了者数 | 234 | 756 | 715 | 770 | 832 | 3307 |
| 1 科目当たり | 16 | 14 | 12 | 14 | 23 | 15 |
| 予算額（百万円） | 50 | 56 | 49 | 47 | 50 | 252 |
| 支出額（百万円） | 50 | 53 | 45 | 40 | 33 | 222 |
| 応募者 1 人あたり(千円) | 151 | 42 | 36 | 26 | 20 | 37 |
| 受講者 1 人あたり(千円) | 151 | 42 | 36 | 26 | 21 | 37 |
| 修了者 1 人あたり(千円) | 214 | 71 | 63 | 52 | 40 | 67 |
| 節減率（%） | 0% | 4% | 8% | 15% | 33% | 12% |

注：節減率は、予算額から支出額を差引いた予算残額を予算額で除し百分率で表示したもの

⑵ カリキュラムと講義資料の充実

連携機関との協力を強化して講師間の意思疎通をさらに高めつつ、各科目の構成や各講義の内容などについて再度検証を行った。科目概要と講義概要を策定することとし、到達目標をより明確にした。到達レベルを評価する客観的基準の明確化にも留意し、必要に応じて科目内容の大幅な改訂を行った。

総合的な学習機会の提供と実践的な学習機会の提供という理念のもとで、受講者がそれぞれの必要に応じて段階的に複数の科目を受講することにより学習を深化することができるカリキュラムの全体体系を構築した。また、大学院修了に必要な単位数を大幅に上回る科目を設定し、履修モデルを明らかにした。

各科目の学群への位置づけと基礎、中級、上級の水準への分類を再度検証して明確にし、科目の追加、改訂、中止などを行うことによって、科目体系全体の妥当性と整合性を高めた。

受講者の予習、復習を支援するために、配布資料のとりまとめを推進し、2007 年度は事前に 16 科目、講義実施後に 3 科目を、2008 年度は 7 科目を事前に配布した。

⑶ 情報提供の拡充

受講者の自己責任による自由な科目選択に資するため、再教育講座の計画と実績に関する情報、開講機関や連携機関に関する情報、事務局に関する情報をホームページに追加するなど、提供する情報を改善、拡充した。また、開講機関や連携機関とのホームページのリンクや連携機関が行う連携講座の紹介などによって情報提供の輪を広げた。

⑷ 大学･大学院の講義や組織の研修としての活用

お茶の水女子大学の単位対象科目としての位置づけが進んでいるほか、早稲田大学大学院でも単位対象科目に位置付けられた。

2007 年度から新エネルギー・産業技術総合開発機構が一部の科目を職員研修に活用したのをはじめ、多数の社員･職員が受講して実際上研修の場としている企業や公的機関が多数ある。

再教育講座においては、狭い視点に立った単一の資格認定制度の構築ではなく、再教育講座を受講する意義を深め受講修了証の価値を高めることによって、実効上さらに社会の認知を広げていくこととした。

2.4.2　活動の合理化

再教育講座の活動の効率化を毎年図り、受講者もしくは修了者 1 人当たりの所要経費は年々低下した。**表 25** に示すように受講者 1 人あたりの所要経費は、開講初年度の 2004 年度の 151 千円を除いてみても、2005 年度の 42 千円が 2008 年度は 21 千円となり、ほぼ半分と大幅に減少し、固定的な経費を除けば 1 万円程度におさまった。

こうした効率化に向けた努力による成果は、文部科学省振興調整費という国家資金を有効に活用す

るという観点からみて重要であるばかりでなく資金面での弾力性を増すことによって知の市場の将来の展開に大きな可能性を開くとともに広い自由度を与えている。

## 3. 知の市場としての新たな展開

再教育講座の 5 年間の実績から、ボランティアを基礎とする新たな教育活動の実現は可能であり、かつ社会の要請も大きいことが確認された。そこで再教育講座の方法と実績を踏まえ、さらに改善し視野を拡大した「知の市場(FMW: Free Market of・by・for Wisdom)」として、開講分野を拡大して広域的かつ全国的に新たに展開することとした。

知の市場は以下の理念と概要に基づいて展開する。

### 3.1 理念と基本方針

知の市場は、「互学互教」の精神のもと「現場基点」を念頭に、「社学連携」を旗印として実社会に根ざした「知の世界」の構築を目指して、人々が自己研鑽と自己実現のために自立的に行き交い自律的に集う場とする。

知の市場は、この理念にもとづき、社会の広範な領域で活動を展開する機関が協力し、実社会で実践してきた多彩な講師によって開講することによって、総合的な学習機会を提供するとともに実践的な学習機会を提供する。この際、科目の内容や講師、開講の計画と実績などの情報を事前に公開して十分に提供することによって、受講者が自己責任により自由に受講科目を選択することを基本とする。

学生・院生を含む広範な分野の多様な社会人の受講を想定し、強い学習動機と積極的な参加意思を有する者を受講者とする。さらに科目(120 分授業 15 回 2 単位相当)を一つの単位として開講し受講することを基本とし、大学・大学院に準拠した厳しい成績評価を行い、所定の成績を修めた受講者には受講修了証を交付する。

また、諸々の大学・大学院が開講する科目を学生・院生の履修科目として位置づけ単位取得の対象とすることや社会人の修士号や博士号の取得に活用することを勧奨する。さらに各種の組織や機関が研修過程として活用することを奨励し、科目ごとの受講修了証以外に、社会人に対して学校教育法に基づく履修証明書を交付することを勧奨する。

### 3.2 運営体制

知の市場は、受講者、講師、友の会、開講機関、連携機関、連携学会、知の市場事務局などのそれぞれの活動によって構築する。

**図 4** に知の市場の体系を示す。

受講者は、強い学習動機と積極的な参加意思を持って講義に参加し小論文などを提出しつつ自己研鑽に励むとともに、受講科目に関する調査や評価そして講座の運営などに自主的、自立的に協力する。講師は、自立した個人として自らの経験や見識をもとに自律的に責任を持って講義を展開し受講者の学習意欲に応える。知の市場友の会は、化学・生物総合管理の再教育講座の受講経験者と講師経験者などのうち参加の意向を示した者で構成した再教育講座友の会を継承するもので、情報の共有や調査・評価への自主的な協力を行う。

開講機関は、連携機関の支援を得つつ知の市場事務局と協力して自主的、自立的に公開講座を開講する。連携機関は、科目の構成、講師の配置、教材の作成など開講する科目を準備し、講義を自主的、自立的に実施する。連携学会は、知の市場に参画する受講者や講師に実社会に根ざした学術発表や論文投稿の機会を提供するとともに、自己研鑽と自己実現を深化するための場を提供する。

知の市場事務局は、関係者の意見交換を促進し共通認識を深める機会を設けるとともに、知の市場の規範を策定したり、諸規定、マニュアル、諸様式などの標準を定めて各機関の活動の統一を図ったり、調査･分析･提言を行いつつ共通課題に対処し、連携機関や開講機関の活動、受講者や講師の活動などを支援する。

さらに知の市場は、個人であると法人であるとを問わず、自発的意志により活動に参画する者あ

「化学・生物総合管理の再教育講座」の新展開

Voluntary Open Network Multiversity

# 知の市場

## Free Market of･ by･ for Wisdom

「互学互教」の精神のもと「現場基点」を念頭に「社学連携」を旗印として
実社会に根ざした「知の世界」の構築を目指して
人々が自己研鑽と自己実現のために自立的に行き交い自律的に集う場

友の会 | 連携学会 | 協力者・協力機関 | 協議会 | 知の市場事務局 | 評価委員会

共催講座

| 共催講座 | 会場・開講 |
|---|---|
| 名古屋市立大学 学びなおし支援センター | 名古屋市立大学川澄キャンパス(名古屋市地下鉄桜山駅前 )<br>東京キャンパス(慈恵会医大西新橋キャンパス、JR新橋駅)<br>3学期制:各期6科目、計18科目開講 |
| 東京工業大学 社会人教育院 | 東京工業大学田町キャンパス(JR山手線 田町駅前)<br>大岡山キャンパス(東急 大岡山駅前)<br>前期8科目、後期6科目、計14科目開講 |
| 労働科学研究所 人材養成センター | 日本リージャス会議室(新宿パークタワー30階)<br>前期4科目、後期4科目、計8科目 |
| 早稲田大学 規範科学総合研究所 | 早稲田大学西早稲田キャンパス(東京メトロ西早稲田駅前)<br>前期2科目、後期5科目、計7科目開講 |
| 福山大学 宮地茂記念館 | 福山大学 宮地茂記念館(JR福山駅前)<br>通年:6科目開講 |
| お茶の水女子大学 ライフワールド･ウオッチセンター(増田研究室) | お茶の水女子大学(東京メトロ茗荷谷駅、護国寺駅)<br>前期2科目、後期2科目、計4科目開講 |
| 産業医科大学 産業保健学部 | 産業医科大学(北九州市 JR折尾駅からバス)<br>後期:2科目開講(ユニット制で8ユニット開講、3ユニットで1科目) |
| 製品評価技術基盤機構<br>主婦連合会<br>NPO法人関西消費者連合会 | 関西:八尾市立くらし学習館(婦人会館、近鉄 八尾駅)<br>東京:主婦会館(JR中央線 四ッ谷駅前)<br>後期2科目、計2科目開講 |
| 物質･材料研究機構 | 物質･材料研究機構東京会議室(東京メトロ虎ノ門駅、神谷町駅)<br>前期1科目、後期1科目、計2科目開講 |
| 新エネルギー･産業技術総合開発機構 | NEDO川崎本部(JR川崎駅前)<br>前期1科目、後期1科目、計2科目開講 |
| 明治大学 大学院理工学研究科新領域創造専攻 リバティアカデミー | 明治大学駿河台校舎リバティタワー(JR御茶ノ水駅)、または<br>明治大学秋葉原サテライトキャンパス(JR秋葉原駅前)<br>前期1科目、後期1科目、計2科目開講 |
| 化学工学会SCE･Net | 筑波大学東京キャンパス大塚地区(東京メトロ 茗荷谷駅)<br>後期2科目、計2科目開講 |
| 産業技術総合研究所 | 産総研秋葉原事業所(JR秋葉原駅前)<br>後期1科目、計1科目開講 |
| 農業生物資源研究所 | 主婦会館(JR中央線四ッ谷駅前)<br>後期1科目、計1科目開講 |
| 食品薬品安全センター<br>主婦連合会 | 主婦会館(JR中央線四ッ谷駅前)<br>前期1科目、計1科目開講 |

るいは活動を支援する者を歓迎する。

### 3.3　2009 年度の開講科目

知の市場は、その理念を共有しつつ科目を組織する連携機関の協力のもとに、開講機関がそれぞれの講座を主体的に開催して具体的に運営する。2008 年度後期に名古屋市立大学学びなおし支援センターの主催で 6 科目を試行的に開催したのにひきつづいて、2009 年度は名古屋市立大学学びなおし支援センターの主催で 18 科目、東京工業大学社会人教育院の主催で 14 科目、労働科学研究所人材養成センターの主催で 8 科目、早稲田大学規範科学総合研究所の主催で 7 科目、福山大学宮地茂記念館の主催で 6 科目、お茶の水女子大学ライフワールド・ウオッチセンター(増田研究室)の主催で 4 科目、産業医科大学産業保健学部の主催で 2 科目、製品評価技術基盤機構と主婦連合会及び NPO 法人関西消費者連合会の主催で 2 科目、物質・材料研究機構の主催で 2 科目、新エネルギー・産業技術総合開発機構の主催で 2 科目、明治大学リバティ・アカデミー及び明治大学大学院理工学研究科新領域創造専攻の主催で 2 科目、化学工学会シニアケミカルエンジニアズ・ネットワークの主催で 2 科目、産業技術総合研究所の主催で 1 科目、農業生物資源研究所の主催で 1 科目、食品薬品安全センターと主婦連合会の主催で 1 科目、合計 15 の開講機関の主催により合計 72 科目を開講する。

再教育講座での学群構成に代えて、開講科目を分野別に大分類してさらに中分類を設けることによって教育体系を整理し、科目の位置づけを明確にした。2009 年度は「大分類 1：化学物質総合経営」を 14 科目（1 科目は大分類 2 と重複)、「大分類 2：生物総合経営」を 8 科目（1 科目は大分類 1 と重複)、「大分類 3：コミュニケーション」を 2 科目、「大分類 4：総合」を 36 科目、「大分類 5：社会技術革新」を 8 科目で合計 67 科目を開講する。同じ科目を東京と大阪の 2 ヵ所で開講する 1 科目、前期と後期で 2 度開催する 4 科目があるため、実際の開講科目数は 72 科目である。また科目水準の設定を見直すとともに基礎、中級、上級の意味を明確にして公開した。これらによって各科目の特徴をより明確にし、受講者の自己責任による自由な科目選択に資するようさらに配慮した。

### 3.4　広報

社会への公開度を高め、応募者や受講者への情報提供の一層の充実を図るため、知の市場ホームページを創設し、統一のロゴマークを用いてすべての開講機関を相互にリンクした知の市場情報ネットワークを構築した。各開講機関はそれぞれ独自に開設したホームページなどによる広報体制をととのえるとともにメール配信などによる広報を独自に進めた。また従来の化学・生物総合管理の再教育講座のホームページとも相互リンクし、継続性を確保した。

2009 年度開講科目については 2008 年 11 月末から情報提供を行い、知の市場ホームページに科目内容、講義概要、募集要項、応募申込書等を掲載し、受講者の募集、広報を行い、友の会メーリングリスト登録者にメールによる案内を行った。パンフレット等を作成して学会、他大学、公立私立中学高校、地方自治体、図書館、生涯学習センター、保健所、衛生研究所、業界団体、東証上場主要企業、近隣駅などに送付した。

### 3.5　応募者募集と選考

受講者の募集にあたっては応募方法を原則としてメールによることとする。受講者の選考については、申込書への受講動機の記入、定員超過時の選考方法など原則的には再教育講座の方法を踏襲するが、受講可否の判定基準に過去の受講状況を追加することにより、受講者の選考の適正化を図った。また、成績評価方法を改訂し出席点の判定基準を厳しくした。詳細な募集方法、募集定員等についてはそれぞれの開講機関の方針を尊重しつつ、知の市場として標準になるべき方法や書式を各開講機関の参考に供し、各開講機関の応募方法の調整を図った。

2009 年度前期の受講者募集は開講機関ごとに時期が異なるが 2009 年 1 月から前期科目の応募受付

表 26　2009 年度前期の応募状況

| | | 科目数 | 応募者 | 受講者 | うち学生 |
|---|---|---|---|---|---|
| 名古屋市立大学 学びなおし支援センター | 名古屋開催 | 5 | 245 | 245 | |
| | 東京開催 | 1 | 12 | 12 | |
| 東京工業大学 社会人教育院 | | 8 | 123 | 119 | |
| 労働科学研究所 人材養成センター | | 4<br>（コース受講） | 25 | 25 | |
| 早稲田大学　規範科学総合研究所 | | 2 | 95 | 88 | |
| お茶の水女子大学<br>ライフワールド･ウオッチセンター(増田研究室) | | 2 | 94 | 93 | 9 |
| 新エネルギー･産業技術総合開発機構 | | 1 | 81 | 81 | |
| 物質･材料研究機構 | | 1 | 43 | 37 | |
| 明治大学<br>大学院理工学研究科新領域創造専攻・<br>リバティ・アカデミー″ | | 1 | 86 | 86 | 21 |
| 食品薬品安全センター<br>主婦連合会 | | 1 | 49 | 47 | |
| 合計 | | 26 | 853 | 833 | 30 |

を順次開始し、2009 年 5 月中旬の段階で応募者は 850 名以上に達しており、ボランティアを基礎とする「知の市場」の活動が円滑に機能することが再度検証されつつある。(**表 26**)

## 4. おわりに

広範な知識を備え社会においてそれぞれの立場で役割を果たす人材の育成のために、社会人を対象に幅広い自己研鑽の機会を提供するボランティアを基礎とする新たな教育活動の展開を試みた。事業モデルとしての可能性を探るため、技術革新と生活や社会の変革あるいは化学物質や生物のもたらすリスクの評価や管理に関する公開講座を「化学・生物総合管理の再教育講座」として、2004～2008 年度の 5 年間に実験的に立ち上げて推進した。

この結果、年とともに増加傾向を強めながら応募者が 6017 名、受講者が 5957 名、修了者が 3307 名に達しこの活動は高く評価された。もちろん人材育成や教養教育の成果や効果を短期間に見定めることには無理があるが、幅の広い高水準の教養教育の場として認知されたのみならず、高度な専門教育の場としても評価され、高い水準の教養教育と専門的な人材育成を融合する新しい教育の姿を創り出し、人材の育成と社会の教養の向上に対する社会的なニーズに応えることに成功した。

また、1731 名の講師や 46 の連携機関の協力を得て、総合的な学習機会の提供、実践的な学習機会の提供、充分な情報提供と受講者の自己責任による自由な科目選択、大学･大学院に準拠した厳しい成績評価という四つの基本方針や方法論は普遍的な有効性をもちうることが確認された。また、教育活動に自主的、自発的に参画して社会において役割を果したいという多くの人々や組織・機関の潜在的な意思を掘り起こして顕在化させることに成功し、社会の広範な人々や組織・機関から参画・協力の申し出がさらに寄せられていることに示されるように、教育への市民参加の新しい可能性を拓いた。

社会の幅広い人々の自主的、自発的な参画によるボランティアを基礎とする新たな教育活動（事業モデル）を構築していく試みは成功し、自立的で解放的な協力関係を形成しながら、人々が自己研鑽と自己実現のために立場を越えて自ら活動する場(Voluntary Open Network Multiversity)である「知の市場」として結実した。

今後とも新たな教育活動として「知の市場」は再教育講座で検証した基本方針や方法論を踏まえ、科目を組織する連携機関の協力のもとに開講機関が主催者となって開講する形で、柔軟かつ弾力的に展開する。開講分野は当初の化学物質や生物の総合管理、医療と保健、社会変革と技術革新、コ

ミュニケーションなどに関する領域から、世界の動向や時代の進展などに配慮して見直しつつ、科学から芸術まで、地域から世界まで、生命・生物・生活・人生・生存に係わるありとあらゆる現場を視野に入れて大幅に分野を広げ、さらに全国に広がる自己研鑽の機会を求める人々の声に応えて、地理的にも全国展開を図ってより広い地域のより多くの人々にの受講機会を提供し、社会全体の能力向上（キャパシティービルディング）に貢献すべく「知の市場」は進化させていく。

「互学互教」の精神のもと「現場基点」を念頭に「社学連携」を旗印として実社会に根ざした「知の世界」の構築を目指して、人々が自己研鑽と自己実現のために自立的に行き交い自律的に集う場として、「知の市場」が社会に広く深く展開することを期している。

**参考文献**


1) 化学物質のリスク評価の専門家教育プログラム等に関する調査, pp.11-17, ICaRuS,Japan (2002)
2) 企業の行う教育訓練の効果及び民間教育機関活用に関する研究結果, JILPT 資料シリーズ No.13, 独立行政法人労働政策研究･研修機構 (2006)
3) 首都大学東京オープンユニバーシティ パンフレット 平成 21 年度春号 (2009)
4) 明治大学リバティ・アカデミー パンフレット 2009 年前期 (2009)
5) 早稲田大学オープンカレッジ パンフレット 2009 春 早稲田校 (2009)
6) エネルギー管理士制度について,省エネ化と「省エネ産業」の展開に関する研究会 (第 4 回) 配付資料, p.4 経済産業省 (2008)
7) 公害防止管理者法の概要, 効果的な公害防止取組促進方策検討会(第1回)参考資料1, p.3, 環境省 (2007)
8) 平成 19 年度 エネルギーに関する年次報告書 (エネルギー白書 2008), p.128, 経済産業省 (2008)
9) 昭和 55 年度環境白書, 第 3 章 水質汚濁の現況と対策第 1 節水質汚濁の現況とその要因, 環境庁 (1980)
10) 昭和 59 年度環境白書, 第 1 章環境の現状第 1 節公害の現状 2 水質汚濁, 環境庁 (1984)
11) 昭和 56 年度環境白書, 第 2 章自然の物質･エネルギー循環と環境利用第 4 節資源・エネルギーの有効利用の進展, 環境庁 (1981)
12) 大気汚染物質排出量総合調査結果概要 (平成 17 年度実績), 環境省 (2008)
13) 平成 19 年度大気環境モニタリング実施結果大気汚染状況について, p.14, 環境省 http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h19/rep04.pdf
14) 平成 18 年度年次経済財政報告, p.250, 内閣府 (2006)
15) 平成 19 年度国民生活白書, p.235, 内閣府 (2007)
16) 第五十八回日本統計年鑑 平成21年, 第16章労働・賃金16-35 労働費用
17) 平成11年度国民生活白書, 第3章人的能力強化に向けた課題, 経済企画庁 (1999)

技術革新と社会変革，第2巻，第1号，pp.59-64，2009　短　報

# 家庭科教育と技術革新

## ―ブータンの GNH（Gross National Happiness）に学ぶこと―

# Education of Family and Consumer Sciences and Innovation of Technology

## ―Learning from GNH (Gross National Happiness) of Bhutan―

都甲　由紀子
Yukiko TOGO

**要　旨**：近年、技術革新の歴史に伴い家庭生活は劇的に変化し、私たちは快適で便利な生活を手に入れてきたが、それに伴って発生した環境問題にも直面している。家庭科教育の中で技術革新の歴史、現状、課題についても学ぶ必要がある。家庭科こそ「学際的文理融合教科」であると言える。ブータン第４代国王が提唱した Gross National Happiness (GNH)という概念は、今後の日本において技術革新や家庭科教育の目的と共通する価値観になりうる。

**Abstract**：Family life has changed dramatically due to the recent history of technological innovation. Our daily lives, which have become more comfortable and convenient, now face new, arising environmental problems.　It is necessary that the history, current conditions and issues of technological innovation be informed in the family and consumer sciences education.　The subject of the family and consumer sciences is "interdisciplinary study, integrating the humanities and science."　A concept called Gross National Happiness (GNH) the fourth King of Bhutan proposed can become a value in common with technological innovation and the family and consumer sciences education aim in Japan about the future.

**キーワード**：家庭科教育，技術革新，ブータン，GNH (Gross National Happiness)
***Keywords***：Family and consumer sciences education, Innovation of Technology, Bhutan, GNH (Gross National Happiness)

著者　都甲　由紀子，お茶の水女子大学大学院人間文化研究科人間環境科学専攻 洗浄科学研究室
112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1　　g0670507@edu. cc. ocha. ac. jp
2009.1.13 受付，　2009.5.21 受理
社会技術革新学会第 2 回学術総会（2008.10.17）にて発表

## 1. はじめに

家庭科教育と技術革新というと、まったく異なる分野であると思われがちだが、平成 12 年度改訂の高等学校学習指導要領家庭編の中に、「技術革新」という言葉が記載されている。家庭科は 2 単位の「家庭基礎」、4 単位の「家庭総合」「生活技術」という三つの中から選択できることになっており、「生活技術」の目標は次のように書かれている。

「人の一生と家族・福祉、消費生活、衣食住、家庭生活と技術革新などに関する知識と技術を体験的に習得させ、生活課題を主体的に解決するとともに、家庭生活の充実向上を図る能力と実践的な態度を育てる。」[1]

中学校では「技術・家庭」として家庭科が技術とともに一つの教科として存在することも、家庭科と技術革新というものとの関連を物語っている。

家庭生活は、今日までの技術革新の歴史をともなって変化してきた。そのことをふまえた家庭科教育が十分に行われているとは言い難いが、上記のとおり指導要領に明記されているのは事実である。中学校でも 1968 年の学習指導要領改定において、技術革新の時代的要請に応える教科として「技術・家庭」という名称になって以来、技術と家庭は実技教科として分類されるとおり体験的学習を伴う一つの教科として存在している。

1960 年代半ばに家庭科教育の研究者(B.Pauluc-ci, M.S.Hogan)は次のように言及している。「家庭科教育に携わる者として、私たちはこれまで技術革新によってもたらされる新しい技術や製品といった恩恵を受けることに関心を示してきたが、技術革新のもたらした新しい問題には触れてこなかった。(中略)すなわち『宇宙船地球号』が閉ざされた生命維持のシステムであるということを私たちは家族に伝えなければならない」[2]

また、日本でも 1969 年に技術革新に基づく家族生活の変貌を通して義務教育における家庭科教育の内容についての考察が発表されている。[3]

科学技術の詳細や科学的内容に深く言及しなくても、"人間の生活" を総合的に扱う家庭科は「現代の生活がさまざまな分野での技術革新によってもたらされており、それに伴って環境問題が発生し、今、その克服が全世界的に社会の重要課題となっている」という視点を生徒にもたせる教育をする教科としても存在意義をもつと言える。

しかしながら、先ごろ発表された新高等学校新学習指導要領においては、生活技術が削除され、「技術革新」という言葉も無くなり、家庭科が科学技術により支えられている現代の生活について学ぶ教科であるという印象が弱くなっており、大変残念である。

## 2. 家庭科教育の印象と実際の教育内容

1994 年の学習指導要領改訂で男女共修になっている家庭科教育であるが、この教科に対する印象はまだ「女子の教科」というものである [4]。3 年前の時点でも、家庭科は女子の教科であるという意識が根強く残っているという調査がある。料理・裁縫・家事、花嫁修業、良妻賢母、専業主婦、子育てという印象が強いということだろう。家庭科といえば、今でも「料理して食べて楽しかった」という認識しかない人も多い。もちろん、食生活の基礎である調理を楽しんだ経験がそれ以降の食生活によい影響を与えるのであれば大いに意味のあることであるが、調理実習が単なる楽しい行事となり、その料理という行事が即ち家庭科ということになってしまうことは問題である。

私自身、8 年間の家庭科教諭経験があるが、その中でも多くの生徒たちが「家庭科は女子の教科であり調理実習をして楽しい教科である」という印象を持っていると感じていた。そこで、家庭科の授業の最初には必ずその印象は家庭科の全体像とは違うということを生徒に伝えることに時間を割いた。家庭科教育の印象に関しては、小学校の教員養成学部において「家庭科教育法」を受講した学生を対象として、受講前後で家庭科教育に対する認識がどのように変化したかを比較した調査研究がある [5]。家庭科の印象を表す言葉として使われていた上位 5 位までが、受講前は調理実習、

裁縫、被服、料理、生活の順であったのが、受講後には、生活、家庭生活、家族、勉強、衣食住となっている。受講後、家庭科は人間の生活を総合的に扱う教科であるという家庭科教育の本質に近い認識に変化していることが明らかになった。受講後 4 位の「勉強」というのは男子学生の回答に多く、この調査が行われたときにはまだ高等学校において男子が家庭科を学んでいない世代であり、受講前は「家庭科は勉強ではない」と思っていたのが受講後には「家庭科は勉強するものである」と認識が変化したことが表れている。

教育図書㈱「新生活技術」の教科書の目次は次のとおりである[6]。

☆ともに生きる―人のつながりと福祉

① 人の一生と家族
② 子どもとともに
③ 高齢者とともに
④ 人のつながりと福祉

☆くらしをつくる―快適な生活と環境

① くらしのなかの「食」
② くらしのなかの「衣」
③ くらしのなかの「住」
④ くらしのなかの「科学技術」
⑤ くらしのなかの「消費」
⑥ 快適な生活と環境

家庭科には、家族や消費生活などに関する法律や制度、家庭経済、衣食住の生活文化など、文系のアプローチで生活を学ぶ側面もあるが、生活に関する科学や技術革新によって成立している現代の生活について学ぶという理系の側面もある。衣食住に関わる生活技能を身につける教科でもある。家庭科こそ、「学際的文理融合教科」であり、この教科では人間として生きる力をつけさせ、生活を大事にする人を育てることを目指している。技術革新によって変化してきた「人間の生活」を対象とする家庭科は、「技術革新」とつながりが深い教科である。家族とのコミュニケーションにも情報技術の発達が大いに関与しているし、妊娠出産子育て、高齢者や障害者の介護にも、様々な技術が役立っている。衣食住や消費生活に関わる技術革新の例は枚挙に暇がない。環境問題についても、現状や自分にできる対策を教えるだけでなく、環境負荷低減技術、環境汚染防止技術の存在や、この分野において今後の技術革新が期待されることも生徒に伝えていかなくてはならない。調理実習や被服製作実習の目的は、生活技能を身につけさせるということが第一に挙げられるが、さらに一歩踏み込んでいかに現代の生活がさまざまな技術革新に支えられているかを生徒に意識させる指導力が家庭科教員に必要不可欠であり、さらに家庭科教員には新しい技術革新の状況を学んでいく姿勢も求められる。

「生活技術」の教科書を作成していたのは教育図書㈱のみであり、平成 20 年度高等学校数 5,242 校生徒数 1,122,150 人であるのに対し、生活技術採用校が 181 校で採用生徒数が 15,066 人ということで、昨年度、生活技術を学んだ高校生は全体の１％あまりであった。このような状況から新学習指導要領においてこの教科が削除されたのであろうが、これまで、家庭科教員を養成する際に、家庭科は技術革新に支えられた現代の人間生活を扱う教科の教員であるという自覚を促すカリキュラムが組まれておらず、生活技術を採用する学校の少なさは科学技術に支えられた生活について学ばせるという視点を持つ家庭科教員が育っていないことの表れであり、そのような視野を持つ教員育成にこそ力を入れる必要がある。

## 3. 家庭科教育と技術革新

現代の子どもたちにとってパソコンや携帯電話を持っていて、コンビニエンスストアやファーストフード店で食べ物を、デパートで服を買うことは普通で当たり前のことである。手にしているモノに、技術革新の歴史があることやそれを作った人の技術や労力について想像できる子どもは少ない。技術革新の歴史が私たちの生活の劇的な変化をもたらしたと言っても過言ではないが、今や、

子どもたちにとっては、人類が技術革新の積み重ねで手に入れた現代の社会や生活が「当たり前」になっており､有難みも感じられなくなっている。「現代の生活は『当たり前』にできるようになったものではない」ということを子どもたちに伝えることの必要性を強く感じる。身の回りの技術革新の歴史、ものづくりをした人の知恵や努力といったものに子どもたちが関心を寄せる機会を提供し、現代の生活を「当たり前」と思わせず、これまでの技術革新が先人たちの知恵と努力の結晶であることに気づかせ畏敬の念を抱かせつつ、それに伴って発生した環境問題などの社会的、全世界的課題に対しても問題意識を持たせることは家庭科の大きな役割のひとつである。

生活を豊かに快適にするため、そして人々を幸せにするために様々な技術革新がこれまでに数え切れないほど行われてきて、日本はそれに大きく貢献することで発展してきたと言える。技術革新により追い求めてきた豊かで快適で幸せな生活というのは、家庭科の目指すところと同じであり、今後ともそのような目標において環境問題の克服も含め技術革新が推進されていくであろう。そうであるとしたら、家庭科教育の中でよりいっそう技術革新の歴史、現状、課題、必要性について学ぶ視点を取り入れていかなくてはならない。そのようなことを盛り込んだ指導ができる家庭科教員を育成する必要がある。

## 4. ブータンの GNH

インドと中国の間に､ブータンという国がある。九州ほどの面積をもち、顔立ちも文化も日本人に似た国民が 66 万人ほど住んでいる｡経済的には豊かな国であるとは言えないが、ブータン第 4 代国王(前国王)が「Gross National Happiness (GNH) is more important than Gross National Product (GNP).」と言ったことが有名になった国である。GNP（国民総生産）よりも GNH（国民総幸福）が重要であり、経済的な豊かさよりも国民の幸福が第一であると宣言したのである。

ブータンでは､GNH を実現するための四つの柱

**写真１**　ジグミ・シンゲ・ワンチュク
ブータン第 4 代国王

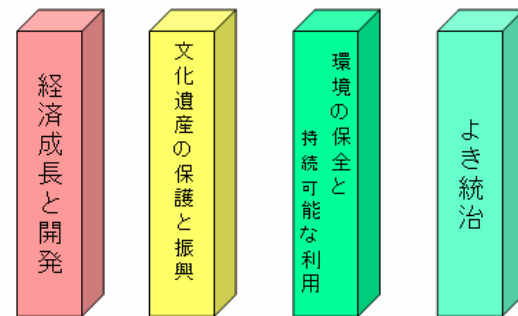



**図１**　GNH の目指す豊かさの四つの柱

として､次のことを挙げている｡経済成長と開発、文化遺産の保護と振興、環境の保全と持続可能な利用、よき統治、の四つである（**図 1**)。GNH が GNP より大事と言ってはいるが、相反するものであるといっているのではなく、内包するものであるということである。そして、経済成長とそのほかの柱とのバランスをとることが大事であるということを強調している。GNH は、ブータン的豊かさの概念であるが、日本においても共通する価値観になり得るのではないかと考える。

ブータンという国は、仏教に支えられた豊かな精神性を保ちながら近代技術と伝統文化を融合させつつ､世界で初の試みとして GNH を研究しながらいわゆるただ欧米化していく発展ではないブータン独自の発展を目指している。近代技術をどのようにブータンの生活に取り入れていくかということは慎重に吟味されている。国土に占める森林の割合が 60%以下にならないようにすることや、環境を悪化させたり野生の動植物の生態を脅かしたりするような工業･商業活動を禁止することなどが法律で定められ、いわゆる現代の先進国が発展により犠牲にした部分を見据えた政策がとられ

ている。実際、森林被覆率は 70%を超えており、豊かな森林資源を有している。環境保護の観点から道路建設や電線の設置を見送る地域もあるとのことである。発電は標高の高低差を利用した水力発電で行われており、その 15%の電気を国内で利用して残りの 85%はインドへ輸出している。この電力収入が国家財政の 45%を占めている（2001年時点）。環境を保護しつつ天然資源を有効に活用する技術は積極的に取り入れ、変化を恐れないがその変化が本当に必要かどうかを常に見極めながら発展を推進している国である [7, 8]。

ブータンはこのような国であるが、この国でも日本製の自動車やテレビを目にすることが多い。日本人により農業や土木などの様々な分野で技術指導も行われている。日本の技術は世界中で人々の生活を便利にし、そしてその生活に溶け込んでいる。日本人はこれまで、様々な不便を克服するために技術革新を重ね、近代技術を発展させることで経済的にも発展し、昔の人が夢に見た生活と他国を援助することができる力を手に入れた。

しかしその生活を続けることで人々の健康が脅かされたり地球環境を悪化させたりして自分で自分の首を絞めてしまう可能性があるという側面にも気づいている。今、「ものづくり」の技術だけではなく環境問題を克服する技術革新が求められている。ブータンと日本を比較するにつけ、日本人が失いつつある精神的豊かさを復活させつつ、ものづくりと環境対策両面からの技術革新を進めることこそ必要であると言える。

こうしたバランスをとりながら国民皆が幸せに生活ができる社会を日本に築いていくという方向性をも家庭科から発信していけたらよいのではないかと考える。ブータンが国を挙げて研究していることを問いつつ、国民の生活の向上を目指す教科として家庭科を展開していくことは意味あることであろう。

## 5. まとめ

高等学校や大学の受験教科ではない家庭科は生徒からも社会からも軽視されがちである。以前は高等学校において、最低 4 単位必要であったのが 2 単位の家庭基礎を選択するだけで卒業することもできるようになり、授業時間数も減らされているのが現状である。しかし、この教科の学習内容は幅広く奥深い。家庭科は、男女を問わず国民を単なる労働者や消費者として育てるのではなく、生活する主体としての人を育てる教科であることをここに強調したい。その現代の生活は「当たり前」ではなく、技術革新の積み重ねの歴史によって成立しているものであることを次の世代に伝えるという役割も、家庭科こそが担うべきものである。家庭科を通して先人の知恵と努力に感動し、感謝し、さらには自分も人に役立つことをしようという気持ちを育てることが求められる。ブータンの GNH という概念に共通する価値観を目指した家庭科教育が行われることが望まれる。近代技術と伝統文化を融合させ、バランスのとれた人間の生活をつくっていく人を育てる家庭科教育が行われれば、家庭科は技術革新に理解ある一般人を育てるだけでなく次世代の人間の生活を総合的に捉えてより良く変えていくことのできる優れたエンジニアを生むきっかけをも作りうる教科になるといえる。これからの家庭科は、そのような教科としても存在意義を高めていく必要がある。

## 6. おわりに

前述のようなことを改めて考えさせられたのも、平成 20 年 4～5 月にブータンを訪れたことによるところが大きい。

ブータンへの調査に派遣していただいたのは、お茶の水女子大学の女性リーダー育成支援のプログラムによるものであり、関係各位に感謝の意を表します。また、生活技術の教科書とその採用の情報をご提供いただいた教育図書㈱の本江正子さんに感謝の意を表します。

**引用・参考文献、Web ページ**

1) 文部省;“高等学校学習指導要領解説　家庭編”(2000)
2) 生野桂子;
http://www.nichibun-g.co.jp/library/sei-kyoshitsu/019

/s190104.htm
3) 百瀬　靖子;“義務教育における家庭科教育内容の一考察 : 技術革新に基づく家庭生活の変貌を通して,”東京家政大学紀要, 9, pp.131-142 (1969)
4) 麓　博之ら;“中学生が抱く家庭科に対する教科意識 : 学校におけるジェンダーの再生産から,”奈良教育大学紀要 (人文・社会), 54(1), pp.183-191(2005)
5) 佐藤　文子;“家庭科教育におけるイメージの変容,“上越教育大学研究紀要 15(1), pp.21-30 (1995)
6)“新生活技術教科書,”教育図書, 東京 (2008)
7) 今枝由郎 ;“ブータンに魅せられて,”pp.128-136, 岩波新書, 東京(2008)
8) 平山修一 ;“現代ブータンを知るための 60 章,” pp.49-54, 89-93, 308-311, 明石書店, 東京 (2006)